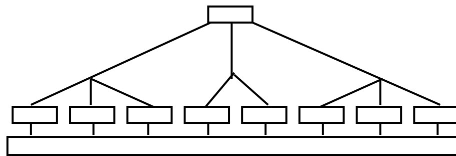
YUSİFBƏYLİ N. A.

EIEKTROENERGETİKA SISTEMLƏRİNİN YENİ FƏALİYYƏTİ VƏ İNKİŞAFI ŞƏRAİTİNDƏ DİSPETÇER İDARƏÇİLİYİ MƏSƏLƏLƏRİNİN ƏSASLARI



ELM – 2004

УДК 621.311

Elmi redaktor: T.e.d. professor Hüseynov A.M.

Rəy verən : T.e.d. professor Haşımov A.M

Yusifbəyli N.A. Elektroenergetika sistemlərinin yeni fəaliyyət və inkişafı şəraitində dispetçer idarəçiliyi məsələlərinin əsasları. – Bakı.: "ELM" Nəşriyyatı, 2004, 201 səhifə.

ISBN 5 – 8066 – 1631 - 2

Monoqrafiyada Azərbaycan Respublikası elektroenergetika sisteminin (EES) nümunasində, EES –nin yeni fəaliyyəti və inkişafı şəraitində, sistem analizinin metodoloji prinsipləri araşdırılaraq, EES -in mürəkkəb sistem kimi, rejim və dayanıqlığının idarəçilik məsələlərinin həllində sistem yanaşmasının tətbiqi əsaslandırılmış və rejimlərinin etibarlığının təmin olunması üçün sistemin baş xassələri seçilərək dispetçer idarəçiliyinin nəzəri – metodoloji əsasları işlənmiş, sistem əks–qəza avtomatikasının inkişaf konsepsiyası verilmişdir.
Kitab EES –nin operativ heyətin, bu sahədə işləyən mühəndis və texniki işçilərin, eyni zamanda elmi–tədqiqat və layihə institutlarının əməkdaşlarının, ali məktəblərdə elektroenergetika fakütəsinin müəllim və tələbələrinin istifadəsi üçün nəzərdə tutulmuşdur.

1604000000 Şriftli nəşr.
695(07) – 2004

GİRİŞ

Azərbaycan enerji sisteminin inkişafı tarixinin qısa xülasəsi və onun ölkə iqtisadiyyatında rolu

Məlumdur ki, elektrik enerjisinin son yüz ildə sivilizasiyanın inkişafındakı sıçrayışı, dünyanın yenidən qurulması və insanların sosial müdafiəsində öz rolunu oynamışdır. Elektrik enerjisindən isifadənin müstəsna əhəmiyyəti vardır. Bəşəriyyətin sonrakı inkişafı üçün start mövqe onun əsasında hazırlanmışdır.

Energetikanın potensialı və müstəqil energetika hər bir dövlət üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Dövlətin elektroenergetika potensialı, elektrik enerjisinin istehlak strukturu və miqyası, ondan istifadənin effektivlik səviyyəsi dövlətin iqtisadi potensialının vacib xarakteristikası olmaqla yanaşı, eyni zamanda cəmiyyətdə iqtisadi dəyişikliklərin dinamikliyinin və həyat səviyyəsinin göstəricisidir. Elektrik enerjisindən istifadə və onun müvafiq həcmdə istehsalı ötən illərdə olduğu kimi, gələcəkdə də dövlətin iqtisadi siyasətinin vacib mürəkkəbəsi olaraq qalacaqdır.

Azərbaycan elektroenergetika sisteminin inkişafını şərti olaraq bir neçə mərhələlərə bölmək olar:

I. XIX əsrin sonu və XX əsrin əvvəlləri (1870-1920).

İlk dəfə olaraq Bakıda generasiya gücləri 1873-cü ildə (iki buxar turbini – 16 a.g) quraşdırılmış və sonradan onların sayı artırılaraq 2500-ə çatdırılmışdır, ümumi gücü isə – 60,6 min a.g təşkil etmişdir [1].

1898-ci ildə “Elektriçeskaya sila” səhmdar cəmiyyəti yaradıldı və 1900-cu ildən iki elektrik stansiyasının tikintisinə başlanıldı: “Ağ şəhər” (indiki “Bakı-l” istilik enerji mərkəzi (İEM)) – gücü 6000 a.g və “Bibi-Heybət” (indiki “Bayıl” DRES-in ərazisində) – gücü 1000 a.g.

Tikilən stansiyalarda “Zulser”, “Lesner” “AEG” və “SİEMENS” kompaniyalarının avadanlıqlarından isifadə olunmuşdur.

Sonrakı illərdə həmin stansiyaların qoyuluş gücləri artırılaraq, artıq 1915-ci ilə 47 MVt-a catdırılmışdır.

O vaxtlar Bakı elektrik stansiyaları iqtisadi göstəricilərinə görə Avropada birinci yeri tuturdu. Yanacağın xüsusi sərfi “Berlin” elektrik stansiyasında 1170 q/kVts olduğu halda, Bakının elektrik stansiyalarında 910 q/kVts təşkil edirdi.

1913-cü ildə elektrik enerjisi istehsalı 110 mln kVts-ə, 20 kV-luq elektrik verilişi hava xəttinin (EVX) uzunluğu isə 50 km-ə çatmışdır.

İlk dəfə olaraq 1916-cı il yanvar ayının 16-da Bakıda fəaliyyətdə olan iki elektrik stansiyası 20 kV-luq EVX ilə birləşdirildi. Bu tarixi Azərbaycan enerji sisteminin yaranma tarixi kimi qəbul etmək olar.

II. 1920-1980-ci illər.

Bu dövr, Azərbaycan dövlətçiliyinin 28 aprel 1920-ci ildə Rusiya dövlətinin ordusu tərəfindən zorla devrilməsi və onun Sovetlər İttifaqının tərkibində fəaliyyəti dövrünə təsadüf edir.

28 may 1920-ci ildə respublika neft sənayesi bütövlüklə milliləşdirildikdən sonra, 15 iyun 1920-ci ildə respublika üzrə bütün energetika müəssisələrinin idarə olunması üçün “Elektrotok Azneft” İdarəsi təşkil olundu.

“Azneft-Elektrotok”un tərkibinə “Ramanı” – 4 MVt, “Zabrat” – 0,7 MVt, “Sabunçu” – 0,7 MVt, “ Suraxanı” –

0,9 MVt və “Artyom” – 1,4 MVt gücündə olan özəl elektrik stansiyaları daxil oldu.

Azərbaycanın energetika siyasəti tarixində birinci strateji sənəd, digər postsovet məkanına daxil olan dövlətlərin də enerji sektorlarlırının inkişafını əhatə edən, 1920-ci ildə qəbul olunmuş “ГОЭЛРО” planı olmuşdur [1,2].

Bakı rayonunun elektrikləşdirilməsinə “ГОЭЛРО” planında xüsusi yer verilmişdi. Belə ki, o vaxtlar Bakının neft buruqlarında istehsal olunan neftin həcmi dünyada neft istehsalının 18%-ni, Sovetlər İttifaqı üzrə isə – 80%-ni təşkil etdiyinə görə, bu sahənin elektrikləşdirilməsi yeganə rasional və iqtisadi cəhətdən düzgün yol idi. Beləliklə, adı çəkilən plan Azərbaycanın elektrikləşdirilməsinin inkişafı məsələlərini formalaşdırdı və sənayenin, nəqliyyatın, kənd təsərrüfatının və ölkənin bütövlükdə iqtisadiyyatının adekvat inkişafının əsasını qoydu.

1926-cı ildə enerjisistemin qoyuluş gücü 85,4 MVt təşkil edib. Həmin ilin 6 iyul tarixində Sovetlər İttifaqında ilk dəfə uzunluğu 20 km olan elektrikləşdirilmiş Bakı – Sabunçu – Suraxanı dəmir yolu istifadəyə verildi.

Elektrik stansiyalarının inkişafı ilə eyni zamanda EVX-in tikintisinə də diqqət yetirilirdi: 1932-ci ildə Azərbaycanda ilk dəfə olaraq gərginliyi 110 kV olan “Qırmızı Ulduz” DRES – “Ramanı” yarımstansiyası arasında uzunluğu 8,5 km EVX tikilmişdir.

Artıq 1935-ci ildə stansiyaların qoyuluş gücü 20-ci illərə nisbətən üc dəfə artaraq 176,60 MVt təşkil etmiş, elektrik enerjisi istehsalı isə yeddi dəfədən cox artmışdır. Ölkənin elektrikləşdirilməsi bazasında sənayenin inkişafının miqyaslı əsası və dövlətin energetika bazası yaradıldı.

1930-1940-ci illərdə sənayenin inkişaf tempi elektrik stansiyalarının inkişaf tempini üstələmişdir. Bu səbəbdən

1935-ci ildə “Elektrotok Azneft”in sifarişi ilə enerjisistemin inkişaf proqramı hazırlanmışdır.

Qəbul olunmuş proqrama uyğun olaraq 1939-cu ildə “Qırmızı Ulduz” DRES-də hər birinin gücü 25 MVt olan iki istilik ayrımlı turbin və “Krasin” DRES-də isə – 25 MVt gücündə kondensasiyalı turbin istifadəyə verilir.

Proqrama görə Şıxovda tikintisi nəzərdə tutulmuş elektrik stansiyasının tikintisi həyata keçrilmədi. Belə ki, ölkənin xalq təsərrüfatının inkişafı respublika energetiklərindən qarşıda duran yeni məsələlərin həllini tələb edirdi.

Azərbaycanda yeni sənaye şəhərinin (Sumqayıt) salınması yeni güc mərkəzlərinin tikilməsini stimullaşdırdı. Ona görə də 1937-ci ildə Sumqayıt İEM-in tikintisinə başlanıldı və 1941-ci il fevral ayının 13-də birinci 24 MVt gücündə turbin sistemə qoşuldu. Həmin ilin avqust ayında 24 MVt-lıq ikinci turbin işə qoşulur. 1962-ci ildə, 11 saylı tubin işə qoşulduqdan sonra, stansiyanın qoyuluş gücü 450 MVt-a çatdırıldı.

İstehsal güclərinin 1920-1980-ci illərdə inkişaf dinamikası şəkil G.1.- də, elektrik enerjisi istehsalının dinamikası isə – şəkil G.2.-də verilmişdir.

1935-ci ildə energetika obyektlərinin əsasında “Azərenerji” Dövlət müəssisəsi strukturu yaradıldı və mərkəzi dispetçer məntəqəsi formalaşmağa başladı.

İlk dəfə olaraq Sovetlər Birliyində 35 kV və aşağı gərginlikli yarımstansiyalar avtomatlaşdırıldı və rele mühafizəsi dəyişən cərəyana keçirildi.

Yeni texnikanın tətbiqi bazasında enerji müəssisələrinin inkişafı personalın yüksək hazırlığını tələb edirdi. Nəticədə 1936-cı ildə “Azərenerji”-nin tərkibində mərkəzi istehsalat-tədqiqat laboratoriyasının yaradılması zəruriyyəti yarandı.

Elektrik stansiyalarının qoyuluş gücü 1940-cı ildə 254.40 MVt-a çatmış, 20 kV və yuxarı gərginlikli EVX-in uzunluğu isə 650 km-i keçmişdir.

Enerji sisteminin inkişafı ilə eyni zamanda etibarlıq kriteriyalarına da diqqət artırılırdı, 1935-40-cı illərdə elektrik stansiya və şəbəkələrində 950-dən çox qəza baş vermişdisə, 1941-1945-ci Sovet-Alman müharibəsi dövründə qəza hadisələrinin sayı 150-yə endirilmişdi. Müharıbədən sonrakı illərdə “Mingəçevir” su elektrik stansiyasının (SES), “Şimal” DRES-in tikintisinə və “Sumqayıt” İES-də genişləndirmə işlərinə başlanıldı.

1953-cü ildə “Sumqayıt” İES-in gücu 225 MVt-a kimi artırılaraq Cənubi Qafqazda ən böyük stansiyaya çevrilir.

1954-cü ildə gücü 169 MVt “Şimal” DRES, gücü 359 MVt “Mingəçevir” SES və 110 kV-luq Azərbaycan–Gürcüstan EVX tikilib istifadəyə verilir. 1958-ci ildə ilk dəfə olaraq “Mingəçevir – Ağstafa – Navtluqi” 220 kV-luq EVX işə daxil edilir.

60-cı illərin sonundan başlayaraq enerjisistem keyfiyyətcə yeni inkişaf mərhələsinə qədəm qoyur. Vahid böyük güclü enerji bloklarının tikintisinə start verilir və 1960-cı ildə Avropada ilk dəfə 150 MVt-lıq açıq kompanovkalı enerji bloku “Şimal” DRES-də istifadəyə verilir.

Gəncə şəhərinin elektrik və istilik enerjisinə tələbatını ödəmək üçün 1964-cü ildə hər birirnin gücü 25 MVt olan iki generator sistemə qoşulur. Sonrakı illərdə stansiyanın qoyuluş gücü 72 MVt-a kimi qaldırılır.

Bu illərdə “Əli-Bayramlı” DRES-də yüksək təzyiqli, gücü 150 MVt olan enerjibloklar işə qoşulur və 1966-cı ildə stansiyanın gücü 1100 MVt-a kimi qaldırılır.

1964-cü ildə 220 kV-luq EVX 330 kV gərginlik sinfinə keçirilir.

1970-ci illərdə enerjisistemin qoyuluş gücü 2600 MVt, istehsal gücü isə 12 mlrd.kVts təşkil edirdi.

1970-1990-cı illərdə enerji sisteminin qoyuluş gücü 2600 MVt-dan 5300 MVt-a, elektrik veriliş xətlərinin uzunluğu isə 45 min km-dən 110 min km-ə çatdırılmışdır.

Mingəçevir şəhərində tikintisinə 1973-cü ildə başlanmış, vahid gücü 300 MVt olan "Azərbaycan" DRES-in buxar generatoru ifrat kritik parametrlərlə işləyən birinci enerji bloku 1981-ci ildə istismara verilmişdir. "Azərbaycan" DRES – Zaqafqaziyanın ən iri istilik elektrik stansiyası, bu gün respublikada istehsal edilən elektrik enerjisinin yarıdan çoxunu hasil edir. Burada fəaliyyətdə olan 8 ədəd enerji bloku hal-hazırda 2100 MVt-dan artıq elektrik enerjisi istehsal etməyə qadirdir.

Bütün bu illər ərzində ardıcıl olaraq yeni texnikanın nailiyyətlərinin tətbiqi, enerji sisteminin etibarlığının və effektivliyinin artırılmasına əsaslı təsir etmişdir.

1972-ci ildə ES-in idarə olunma prosesinə Sovetlər Birliyində birincilər sırasında elektron hesablama maşınlarının (EHM) 2-ci nəslinin tətbiqi, ES-in işini xarakterizə edən rejimlərin planlaşdırılması, analizi və onların optimizasiya məsələlərinin daha operativ həll olunmasına şərait yaratdı.

Yalnız 1978-ci ildə yeni texnika və texnologiyanın tətbiqi ilə bağlı 250 tədbir həyata keçirirlmişdir:

- 110-330 kV-luq EVX-lərdə yüksək tezlikli mühafizələrin kanallarına avtomatik nəzarəti həyata keçirən qurğuların quraşdırılması;
- 330 kV-luq EVX-lərdə kompleks əks-qəza avtomatikası qurğularının tətbiq edilməsi;
- 110 kV-luq avadanlıqlarda çirklənmiş izolyatorların gərginlik altında yuylması quğularının istismara verilməsi;

- ES-in mütəxəssisləri tərəfindən hazırlanmış hava xətlərində titrəmələrin qarşısını alan aerodinamik söndürücülərin tətbiq olunması;
- natamam qısaqapanma cərəyanlarını məhdudlaşdıran betil rezistorları quğularının tətbiq edilməsi;
- və başqaları.

Bu illər ərzində energetikanın inkişafı sahəsində ES-in və Azərbaycan Elmi-tədqiqat Energetika İnstitutunun əməkdaşları – Elmlər Akademiyasının akademikləri Ç.M.Cuvarlının, İ.A.İbrahimovun, müxbir üzvləri A.Q.Əlizadənin, F.H.Hüseynovun və başqalarının müstəsna rolu olmuşdur.

Naxçıvan Muxtar Respublikasının ərazisində Araz çayı üzərində birgə İran-Azərbaycan "Araz" su qovşağı və hər birinin qoyuluş gücü 22 MVt olan iki su elektrik stansiyaları da bu dövrdə istifadəyə verilmişlər.

1976-cı ildə qoyuluş gücü 50 MVt olan "Tər-tər" SES istifadəyə verilir.

III. 1980-2004-cü illər.

Respublika elektroenergetikasının hal-hazırkı yüksək səviyyəyə çatdırılmasında möhtərəm Heydər Əliyevin müstəsna xidmətləri olmuşdur. 1969-cu ildə Azərbaycana rəhbər təyin edildikdən sonra, Heydər Əliyevin uzaqgörən siyasəti və əzmkarlığı sayəsində iqtisadiyyatın digər sahələrində olduğu kimi, elektroenergetika sahəsində də əhəmiyyətli bir dönüş mərhələsi başlanmışdır. Həm yeni elektrik stansiyalarının tikintisi, həm də sistemtəşkiledici, ötürücü və paylayıcı elektrik şəbəkələrinin yaradılması istiqamətində ciddi irəliləyişlər baş vermişdir.

Son 25 ildə elektroenergetika sahəsinə xarici investorların cəlb edilməsi nəticəsində elektroenergetika obyektlərinin inşası və yenidən qurulması üzrə bir sıra layihələr həyata keçirilmişdir, o cümlədən:

- 1982-ci ildə ümumi gücü 380 MVt olan iki hidroaqreqatdan ibarət Şəmkir SES işə salınmışdır.
- 2000-2003-cü illərdə Yenikənddə gücü 150 MVt olan 4 hidroaqreqatdan ibarət su elektrik stansiyası istifadəyə verilmişdir.
- 2000-2001-ci illərdə 1 saylı Bakı İstilik Elektrik Mərkəzində ümumi gücü 110 MVt olan 2 müasir qaz turbini işə salınmışdır.
- 1999-2000-ci illərdə Mingəçevir su elektrik stansiyasında 4 ədəd hidrogenerator yenisi ilə əvəz edilmişdir.
- 2002-ci ildə Şimal DRES-də 400 MVt-lıq müasir buxar-qaz tipli elektrik stansiyası istismara verilmişdir.

Generasiya gücləri ilə yanaşı ötürücü xətlərin də inkişafına lazımi diqqət verilmişdir.

Keçən əsrin ortalarında tikilmiş elektrik yarımstansiyaları artıq fiziki və mənəvi cəhətdən köhnəlmişdir. Onların əsaslı şəkildə bərpası tələb olunur. Bu məqsədlə “Sənaye qovşağı” və “Ağcabədi” yarımstansiyaları, İmişli (Azərbaycan) – Parsabad (İran) sistemlərarası yüksək gərginlikli elektrik verilişi xətləri tikilb istifadəyə verilmişdir, “Culfa (Azərbaycan) – Culfa” (İran) 132 kV-luq EVX istismara verilmiş, “Astara”(Azərbaycan) – “Astara” (İran) xətti isə gərginlik altına qoşulmuşdur.

IV. **Enerjisistemin perspektiv inkişaf dövrü** (2004-2015-ci illər).

XX-XXI yüzilliklərin astanasında bir çox dünya dövlətlərinin elektroenergetika sistemləri (EES) öz fəaliyyətlərinin yeni inkişaf fazasına daxil olmuşlar.

Mövcud olan texniki sistemlərdən ən mürəkkəbi və məsuliyyətlisi olmaqla, öz əsas funksiyalarını – effektivlik tələblərini yerinə yetirməklə iqtisadiyyatın və əhalinin

etibarlı elektrik təchizatını həyata keçirərək, EES-lər öz ölkələrinin iqtisadi-sosial arenasında, dövlətlərarası münasibətdə, enerji təhlükəsizliyi və ekoloji vəziyyətinin təyin edilməsində mühüm rol oynamağa başladılar.

Müasir dövrdə EES-lərin üzləşdiyi əsas problemlər, elektroenergetikanın idarəçiliyi sahəsində monopoliyadan əl çəkərək tədricən bazar münasibətlərinə keçid və elektroenergetika sahəsində müxtəlif mülkiyyət növlərinin, böyük dövlətlərarası, ərazi və transkontinental enerjibirliklərinin yaranması ilə əlaqədardır (BES).

Keçən əsrin 70-ci illərinin axırları və 80-ci illərinin əvvəllərindən başlanmış üzvi yanacağın qiymətlərinin bahalaşma prosesləri, elektroenergetikanın idarəçiliyinin monopoliya sistemindən imtina edərək bazar münasibətlərinə keçidin ümumi təmayülünü qoydu. Artıq keçən əsrin 90-cı illərinin sonu və XXI əsrin əvvəllərində aydın oldu ki, bazar prinsiplərinə keçməklə elektroenergetika sahəsində gedən demonopolizasiya və restrukturizasiyası geri dönməz prosesdir.

Müxtəlif ölkələrdə elektroenergetika sahəsinin azı dörd idarə strukturu yaranmışdır [2÷8]: bütün sahələrdə monopoliya, vahid alıcı, topdansatış bazarında rəqabət, pərakəndə satış bazarında rəqabət.

Struktur dəyişkənliyindəki müxtəliflik ölkələrin elektroenergetika sahələrinin inkişaf tarixi, iqtisadiyyatı və xarakterik cəhətlərilə səciyyələnir. Restruktrizasiyanın əsası – enerji obyektlərinin özəlləşdirilməsi, tənzimlənməsi və elektroenergetika sahəsinin rəqabət bazarının yaradılmasıdır. Məqsəd isə - son istehlakçılar üçün elektrik enerjisi tariflərinin aşağı düşməsi, rəqabət qabiliyyətinin artmasıdır.

Yaranmış yeni strukturlarda bazarın müxtəlif subyektləri arasında mürəkkəb və birmənalı olmayan iqtisadi münasibətlər var, ancaq bütün bunlara baxmayaraq

əsas xassə və texniki tələblər qalmaqdadır – enerjinin istehsalı, ötürülməsi və istehlakı proseslərinin vahidliyi; elektrik enerjisi istehlakçılarının tələb olunan keyfiyyətdə fasiləsiz enerji ilə təchiz edilməsi.

Elektroenergetika sahəsinin yenidənqurulma təcrübəsi göstərir ki, onun effekti həmişə müsbət deyil [9÷12]. İngiltərə, Uels və s. kimi ölkələrdə effektin müsbət olması ilə yanaşı, ABŞ və Norveçdə bu sahəyə investisiya qoyuluşunun azalmasına görə EES-in işinin effektivliyinin aşağı düşməsi və bunun da nəticəsi olaraq, sərfiyyatın artması şəraitində, generasiya güclərinin və elektrik şəbəkələrinin işə salınmasının azalması özünü göstərir [9].

Etibarlıq, qənaətlik və ekolojiliyi də daxil etməklə EES-in maksimum effektivliyini əldə etmək üçün məlum sistem effektlərindən [13] istifadəyə cəhd etmək iri enerji birliklərinin yaradılmasının davam edilməsini şərtləndirir (BEES). Buna misal olaraq, çox iri dövlətlərarası kontinental BEES-ləri: USTE + CENTREL (Avropanın Qərb və Şərq hissəsi), NORDEL (Şimali Avropa), Şimali Amerika və Kanadanın BEES-i [14÷18] göstərmək olar.

Ən iri, SSRİ-nin dağılmasından qabaq SSRİ Vahid Elektroenergetika Sistemini təşkil edən (SSRİ VEES), Rusiya Vahid Enerjisistemi (Rusiya VES) və Müstəqil Dövlətlər Birliyi (MDB) EES-ləridir.

MDB EES və Rusiya VES-in Avropa BEES-i ilə birləşməsi çox iri bir Avroasiya BEES-in yaradılmasına gətirib çıxaracaq [19÷22].

Bu qayda ilə enerji ehtiyatlarının qeyri-bərabər paylanması və məhdudiyyətliyi məsələləri həll olunur.

Elektroenergetika sahəsinin restruktrizasiyası, bazar münasibətlərinə keçilməsi, paralel işə olan müasir sərt tələblərin yerinə yetirilməsi avtomatlaşdırılmış dispetçer idarəetmə sisteminin (ADİS) kompleks məsələlərinin həllində istifadə olunan kriterilərin ciddi analizi və

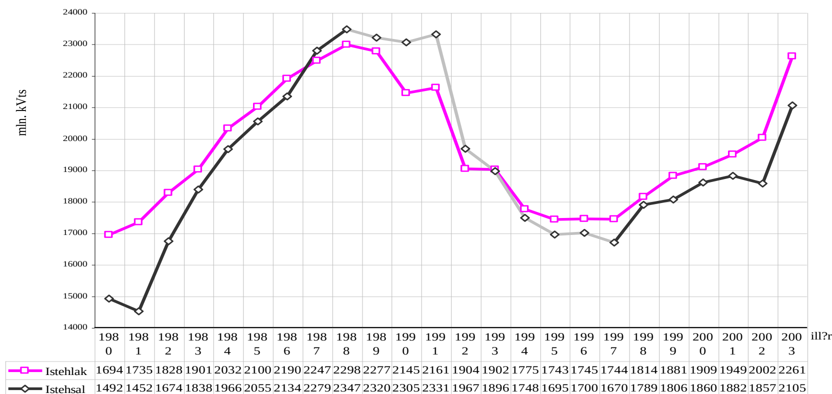
işlənməsini tələb edir. Bu əsasən, EES-in rejiminin etibarlığının təminatı məsələlərinə aiddir.

Rejimin etibarlığının təmin edilməsi probleminin həllinin nəzəri əsasları görkəmli alimlərin fundamental əsərlərində öz əksini tapmışdır: A.A.Qoreva, S.A.Lebedeva, P.S.Jdanova, V.A.Venikova. Görkəmli alimlər nəzəriyyənin inkişafı və praktik məsələlərin həllinə öz elmi əsərlərini həsr etmişlər: L.İ.Azarev, V.A.Andreyuk, V.A.Barinov, M.M.Botvinnik, İ.S.Bruk, V.V.Buşuyev, V.P.Vasin, Q.R.Qertenberq, İ.A.Qruzdev, F.Q.Quseynov, A.S.Zekkel, V.F.Kurov, M.L.Levinşteyn, İ.V.Litkens, E.S.Lukaşev, İ.M.Markoviç, M.N.Rozanov, S.A.Sovalov, N.İ.Sokolov, V.A.Stroyev, K.F.Fazılov, L.V.Tsukernik, O.V.Şerbakov və bir çox başqaları.

SSRİ-nin dağılması nəticəsində, SSRİ VEES-in strukturundan çıxdıqdan sonra, yaranmış Müstəqil Dövlətlərin EES-ləri üçün müasir şəraitdə rejimin etibarlığının təmin edilməsi məsələlərinin həllinin mürəkkəbliyi ondadır ki, keçmiş 70 il ərzində həm bütün iqtisadiyyat, həm də bu ölkələrin EES-ləri mərkəzləşmiş planlaşdırma və paylanma şəraitində işləyirdilər. Keçən əsrin 90-cı illərinin birinci yarısının dərin iqtisadi krizisi həm yanacaq-enerji kompleksinin (YEK), həm də bu ölkələrin EES-lərinin, onların sırasında Azərbaycan Respublikası (AR) EES-inin də, sonrakı fəaliyyət və inkişaf prosesində öz izini qoymuşdur.

AR EES özünün bütün tarixi boyu dinamik inkişaf edib və Cənubi-Qafqaz regionunda dominant rolu oynayıb [23÷24].

Ötən yüzilliyin 80-ci illərində AR EES-in generasiya gücü 2780 MVt, 2000-ci illərində isə 650 MVt artırılmışdır. Elektrik enerjisinin maksimum istehsalı 23,47 mld.kVts-ı 1988-ci ilə təsadüf edir. Şəkil G.1-də elektrik enerjisinin son illərdəki istehsal və istehlakının dinamikası verilmişdir.



	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Istehlak	1694	1735	1828	1901	2032	2100	2190	2247	2298	2277	2145	2161	1904	1902	1775	1743	1745	1744	1814	1881	1909	1949	2002	2261
Istehsal	1492	1452	1674	1838	1966	2055	2134	2279	2347	2320	2305	2331	1967	1896	1748	1695	1700	1670	1789	1806	1860	1882	1857	2105

Şəkil G.1. Azərbaycan Respublikası üzrə elektrik enerjisi istehsalı və istehlakının dəyişmə dinamikası.

Şəkildə iki mərhələ xarakterik olduğuna görə nəzərdən keçirilir: azalma dövrü (1988-1997-ci illər) – elektrik enerjisi hasilatı 28,8 %-ə kimi azalmışdır, 1997-2002-ci illər dövrü – elektrik enerjisi hasilatının artmağa başlama prosesi. 1991-2002-ci illər ərzində isə hasilatın azalması – 20,3 %, istehlak isə – 7,3 % təşkil etmişdir ki, bu da rejimin gərginliyini göstərir. AR EES-in işinin effektivliyinə yanacaq hasilatının aşağı düşməsi dinamikası (şəkil G.2.) əhəmiyyətli təsir etmişdir.

Belə ki, 1990-1997-ci illər ərzində neft hasilatı 27,9%, təbii qaz 39,9%, mazut isə 49,5% azalmışdır, bu da istilik elektrik stansiyalarında (şəkil G.3) (İES) normativ tələblərdən yayınmaqla yanacaqdan istifadə strukturunun dəyişməsinə və nəticədə, faydalı iş əmsalının (FİƏ) və malik olduğu gücün aşağı düşməsinə gətirib çıxardı.

Respublika EES-in 2004-2008 illərdə elektroenergetika sektorunun inkişaf planı Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 11 fevral 2004-cü il tarixli fərmanı ilə təsdiqlənmiş "Azərbaycan Respublikası regionlarının sosial-iqtisadi inkişafı Dövlət proqramı"nda öz əksini tapmışdır. Dövlət proqramı aşağıdakıları nəzərdə tutur:

- müasir yüksək faydalı texnologiyalar əsasında yeni generasiya güclərinin işə salınması;
- faydalı olmayan mənəvi köhnəlmiş əsas avadanlıqların balansdan çıxarılması;
- sistemlərarası əlaqələrin möhkəmləndirilməsi, xüsusən də, Rusiya EES və İran İslam Respublikası ilə;
- yüksək gərginlik sinifli YS və HX-lər də daxil olmaqla daxili elektrik şəbəkələrinin inkişaf etdirilməsi;
- müasir texnika ilə təchiz edilmiş Milli Dispetçer Mərkəzinin yaradılması (MDM);

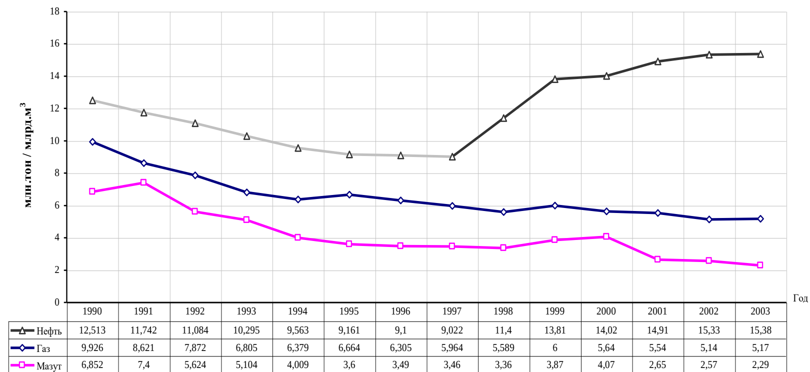
- EES-in qonşu ölkələrin EES-lərilə paralel işləməsini nəzərə alaraq bütün qəza avtomatikası (QA) sisteminin rekonstruksiyası və texniki cəhətdən yeniləşdirilməsi;
- paralel iş rejimi şəraitində idarəetmə ilə əlaqədar bütöv bir məsələlər kompleksinin həll edilməsi;
- kiçik SES-lərin bərpası və genişləndirilməsi, külək enerjisi qurğularının balansa salınması və s.

Enerji sisteminin 2004-2010-cu illər üçün perspektiv inkişaf planına uyğun olaraq, bu illər ərzində 1500 MVt-dan artıq yeni generasiya güclərini işə daxil etməklə elektrik enerjisi hasilatının həcminin 30 mlrd. kVt.saatdan artıq səviyyəyə çatdırılması nəzərdə tutulmuşdur.

Artıq 2000-2003-cü illər ərzində 656 MVt gücündə yeni, müasir tələblərə cavab verən generasiya gücləri istismara verilmiıdir.

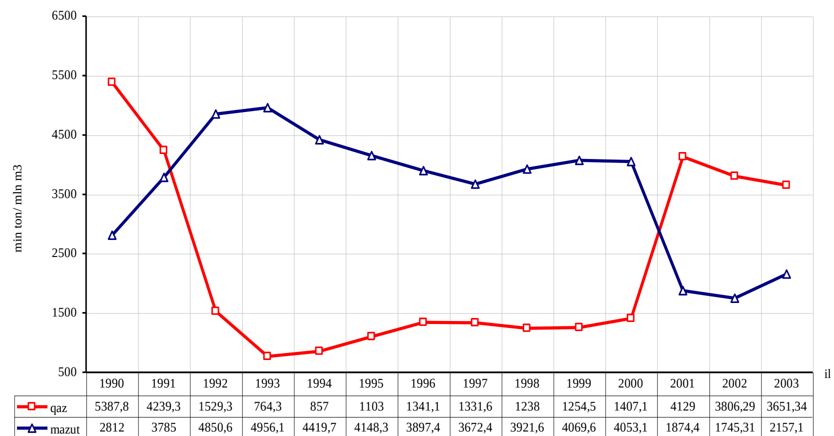
Yuxarıda göstərilənlər EES-in gələcək inkişaf kriteriyalarını və rejimlərinin idarəedilməsi metodlarının konkretləş-dirilməsi və onların yeni fəaliyyət və inkişaf şəraitində dayanıqlığının təmin edilməsi məsələsini qarşıya qoyur. Dispetçer xidmətləri göstərilən faktorların EES-in dinamiklik xassələrinə təsirini, dayanıqlığın operativ hesabatlarının yerinə yetirilməsinə, əks-qəza avtomatikası (ƏQA) sistemi də daxil olmaqla tənzimlənmə və idarəetmə vasitələrinin işinə nəzarətin operativ qiymətləndirilməsi üçün müvafiq vasitələrlə təchiz edilməlidirlər.

EES-in rejimlərinin idarə edilməsinin iqtisadi prinsiplərinin işlənməsi və həyata keçirilməsi müstəsna əhəmiyyətə malikdir.



	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Нефть	12,513	11,742	11,084	10,295	9,563	9,161	9,1	9,022	11,4	13,81	14,02	14,91	15,33	15,38
Газ	9,926	8,621	7,872	6,805	6,379	6,664	6,305	5,964	5,589	6	5,64	5,54	5,14	5,17
Мазут	6,852	7,4	5,624	5,104	4,009	3,6	3,49	3,46	3,36	3,87	4,07	2,65	2,57	2,29

Şəkil G.2. Azərbaycan Respublikası üzrə yanacaq hasılatının dəyişmə dinamikası.



	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
qaz	5387,8	4239,3	1529,3	764,3	857	1103	1341,1	1331,6	1238	1254,5	1407,1	4129	3806,29	3651,34
mazut	2812	3785	4850,6	4956,1	4419,7	4148,3	3897,4	3672,4	3921,6	4069,6	4053,1	1874,4	1745,31	2157,1

Şəkil G.3. İstilik elektrik stansiyaları üzrə sərf olunan yanacağın strukturu.

Bu məsələlərin mürəkkəbliyi, EES-in effektiv fəaliyyətinin çoxsaylı məsələlərinin həllində istifadə olunan sistem yanaşmasının tətbiqini tələb edir. Elektroenergetikada belə yanaşmaların əsası L.A.Melenteva, Y.N.Rudenko, M.N.Rozanova və başqa. alimlərin əsərlərində əsası qoyulmuş və V.V.Buşuyeva, N.İ.Voropay, L.S.Belyayeva, L.A.Krumma və digər görkəmli alimlərin əsərlərində isə öz inkişafı və realizasiyasını tapmışdır.

Sistem yanaşması EES-in daha vacib dinamik xassələrinin seçilməsinə və yeni fəaliyyət şəraitində rejimlərin etibarlığının təmin edilməsi üçün onların idarəçilik məsələlərinin həllinə imkan verir.

FƏSİL I

DİSPETÇER İDARƏÇİLİYİNİN TƏŞKİLİ MƏSƏLƏLƏRİ VƏ ONLARIN HƏLLİNƏ OALAN TƏLƏBLƏR

1.1. Dispetçer idarəçiliyinin təşkili məsələləri

Azərbaycan Respublikası elektroenergetika sisteminin (EES), dispetçer-əməliyyat idarəçiliyi avtomatlaşdırılmış, daimi inkişaf edən texnoloji kompleks olaraq, vahid rejim və texnoloji (dispetçer və avtomatik) idarəçilik sistemi ilə əlaqələnən bir neçə paralel işləyən regional dispetçer idarələrinin (RDİ) əsasında təşkil olunur.

Dispetçer idarəçiliyi funksiyası sutka ərzində keçirilən növbətçiliklə dispetçer mərkəzləri tərəfindən yerinə yetirilir:

- elektrik stansiyaları, elektrik şəbəkələri və digər enerji obyektlərində – yerli dispetçer mərkəzləri (DM);
- texnoloji cəhətdən əlaqəli olan elektrik stasiyalarını, elektrik şəbəkələri və digər elektroenergetika obyektlərini bir və ya bir neçə sistem subyektini əhatə edən reqional dispetçer idarələrində (RDİ) – regional DM-də (RDM);
- Azərbaycan enerji sistemində – Mərkəzi Dispetçer İdarəsi.

Texnoloji və kommersiya münasibətlərinin xüsusiyyətlərini nəzərə alaraq DM – generasiya kompaniyaları, müstəqil elektrik enerjisi istehsalçıları kimi digər bazar subyektləri daxilində də təşkil oluna bilərlər*. Konkret DM-də reallaşdırılan texnoloji və kommersiya funksiyalarının tərkibi, müvafiq bazar subyekti qarşısında

duran məsələlərlə və bazarın texnoloji və kommersiya operatorlarının texnoloji və kommersiya idarəetməsi sahəsində onun üzərinə qoyduğu məsuliyyət ilə təyin edilir.

Funksional planda dispetçer və texnoloji idarəetmənin bütün şaquli inteqrasiya edilmiş iyerarxik strukturu, qarşıda duran məqsədləri yerinə yetirmək üçün mürəkkəb mühəndis və texniki məsələləri həll edən sistem (texnoloji) operatorundan* ibarətdir.

Sistem operatorunun məqsədləri aşağıdakılardır:

- elektrik enerjisinin keyfiyyətinin normativ göstəricilərinə riayət etməklə Azərbaycan enerji sisteminin etibarlı və effektli fəaliyyətinin təmin edilməsi;
- bütün paralel iş iştirakçılarına və elektrik enerjisinin topdansatış bazarı[1] subyektlərinə əməliyyat-texnoloji xidmətlərin göstərilməsi;
- bazar subyektlərinin elektrik şəbəkəsinə açıq daxil olma prinsiplərinin reallaşdırılması üçün elektrik enerjisinin ötürülmə prosesinin texnoloji idarəçiliyinin təşkili;
- elektrik enerjisi rəqabət bazarının texnoloji infrastrukturunun fəaliyyəti və inkişafının təmin edilməsi.

Bu məqsədlərin reallaşdırılması üçün sistemin operatoru aşağıda göstərilən əsas məsələləri həll edir:

- Azərbaycan enerji sisteminin iş rejimlərinin fasiləsiz əməliyyat-texnoloji idarə olunması;
- elktrik şəbəkələrində elektrik enerjisinin keyfiyyət göstəricilərinin standarta uyğun həddə saxlanılması;
- sistem qəzalarının aradan qaldırılması; xüsusi şəraitdə dispetçer idarəçiliyi;
- elektrik enerjisi bazarında satış üçün sistem məhdudiyyətlərinin verilməsi;

---

[1] Yaxın gələcək üçün nəzərdə tutulmuşdur.

- sistem məhdudiyyətlərini nəzərə alaraq qiymət sifarişləri* əsasında Azərbaycan enerji sisteminin işinin dispetçer qrafiklərinin hesabatı və həyata keçirilməsi;
- güc ehtiyatları bazarının və balanslaşdırıcı bazarın təşkil olunması;
- rele mühafizəsi (RM) və əks-qəza avtomatikasının (ƏQA) tənzimlənmə parametrlərinin (təshihi qiymətlərinin) hesabatı və verilməsi;
- texnoloji və kommersiya məlumatlarının telekommunikasiya şəbəkəsinin idarə edilməsi, bütün bazar iştirakçıları və subyektlərinə məlumatların çatdırılması;
- Elektrik stansiya və şəbəkə avadanlıqlarının təmir qrafiklərinin razılaşdırılması və həyata keçirilməsi;
- enerji obyektlərində əməliyyatların optimal idarə olunması;
- rəqabətli bazar şəraitində Azərbaycan enerji sisteminin iş rejimlərinin uzunmüddətli planlaşdırılması;
- əks-qəza idarəçiliyi (ƏQİ), avtomatlaşdırılmış dispetçer idarəçiliyi, rabitə və elektrik enerjisi istehlakının avtomatlaşdırılmış nəzarət və uçot sistemlərinin inkişafında vahid texniki siyasətin həyata keçirilməsi;
- operativ-texnoloji idarəçiliyin həyata keçirilməsi üçün kadrların hazırlanmasının təşkili.

Kommersiya operatorunun məqsəd və vəzifəsi elektrik enerjisi bazarında satışın və bazara çıxarılan elektrik enerjisinə görə bazar subyektləri arasında hesablaşmaların təşkilidir.

Konkret şəraitdən asılı olaraq hər iki operator (texnoloji və kommersiya) eyni və ya müxtəlif təşkilatların tərkibində fəaliyyət göstərə bilərlər.

Birinci halda bu iki orqan arasında qarşılıqlı əlaqələr müvafiq yerli qaydalarla, ikinci halda isə – dövlət tənzimləyici orqanın və bazarın müşahidəçi şurasının təsdiq etdiyi xüsusi qaydalarla təyin edilir.

Elektrik stansiyaları və elektrik şəbəkələrinin yüklərinin dəyişdirilməsi ilə əlaqədar olan bütün kommersiya əməliyyat sazişləri texnoloji operator tərəfindən razılaşdırılır və ya təsdiqlənir.

Bu halda kommersiya operatoruna kommersiya operativ idarəçiliyi, texnoloji operatoruna isə – əməliyyat-texnoloji idarəçiliyi funksiyaları həvalə olunur.

Azərbaycan enerji sisteminin dispetçer idarəçiliyi sisteminin qurulmasının "fəlsəfəsini" aşağıdakı əsas prinsiplər təşkil edir:

- dispetçer idarəçiliyi sisteminin (onun texnoloji funksiyaları daxilində) enerji şirkətlərinin inzibati-təsərrüfat rəhbərliyindən müstəqilliyini təmin etməklə dispetçer və ümumtəsərrüfat funksiyalarının ayrılması;
- hər bir idarəetmə pilləsinin növbətçi əməliyyat heyətinin, ondan yüksək pillədəki əməliyyat heyətinə birbaşa tabeçiliyi ilə idarəçilik sisteminin iyerarxik prinsiplə qurulması;
- yüksək pillənin operativ rəhbərinin müdaxiləsi tələb olunmayan bütün əməliyyat funksiyalarının həllində hər bir pillənin əməliyyat heyətinə maksimum sərbəstlik verilməsi;
- normal rejimlərin aparılması və qəza pozuntularının aradan qaldırılması üzrə idarəetmənin bütün pillələrində operativ heyətin funksiya və məsuliyyətlərinin bölüşdürülməsi;
- ciddi dispetçer intizamı.

Enerji sistemi idarəçiliyinin əsas məqsədi – enerji resurslarının rasional istifadəsi, enerjinin keyfiyyəti və

təchizatının etibarlığı tələblərinin ödənilməsi ilə bütövlükdə enerjisistemin maksimum səmərəli işinin təmin olunmasıdır.

Dispetçer idarəçiliyi məslələrinin müstəsna mürəkkəbliyi və bu kompleks məsələlərin, əsasən dispetçer idarəçiliyi iyerarxik sisteminin bütün səviyyələrində həllinin bütün zaman mərhələlərinə şamil edilməsi, onların qarşılıqlı əlaqəli, sadə məsələlərə dekompozisiyasını zəruri edir [25, 26].

Zaman aspektində dekompozisiya, məkan iyerarxiyasının hər bir pilləsində həll olunan ümumi idarəçilik məsələlərinin idarəçiliyin 4 müxtəlif zaman mərhələsinə aid olan hissələrə bölünməsindən ibarətdir:

- rejimlərin uzunmüddətli planlaşdırılması;
- rejimlərin qısamüddətli planlaşdırılması ;
- növbətçi əməliyyat heyətinin həyata keçirdiyi cari rejimlərin operativ idarə olunması;
- texnoloji proseslər tempində normal və qəza rejimlərinin avtomatik idarə olunması.

Uzunmüddətli planlaşdırma səviyyəsində illik, mövsümi, rüblük və aylıq rejimlərin optimallaşdırılması həyata keçirilir. Operativ-dispetçer idarəetmə sistemləri məsələlərinin həlli, metodlarının təkmilləşdirilməsi, o cümlədən:

- enerji sərfinin və yükün xarakterik qrafiklərinin proqnozlaşdırılması;
- güc və elektrik enerjisi balanslarının işlənməsi;
- enerji resursların səmərəli istifadəsini təmin etmək və əsas avadanlıqların əsaslı təmiri üzrə qrafiklərin planlaşdırılmasının optimallaşdırılması;
- ilin səciyyəvi dövrləri (payız-qış maksimumu, sel dövrü və s.) üçün, eləcə də yeni obyektlərin işə salınması və paralel işləyən enerji sistemlərinin tərkibinin genişləndirilməsi ilə əlaqədar sxem və rejimlərin hazırlanması;

- elektrik təchizatının etibarlığının və elektrik enerjisinin keyfiyyətinin artırılması, dispetçer idarəetmə vasitələrinin, normal və qəza rejimlərinin avtomatik idarəetmə sistemlərinin təkmilləşdirilməsi və tətbiq edilməsi məsələlərinin kompleks həlli;
- dispetçer təlimatlarının hazırlanması.

Bütünlükdə ESS üçün MDİ tərəfindən elektrik enerjisindən istifadənin uzunmüddətli proqnozlaşdırılması, hasilatın paylanmasının optimallaşdırılması, yaranmış yanacaq şəraitini nəzərə almaqla yanacaq ehtiyatları və iri SES kaskadlarının hidroenerji ehtiyatlarının istifadəsi, təmir planlarının koordinasiyası həyata keçirilir. RDİ MDİ üçün təkliflər və lazım olan materiallar hazırlayır və MDİ-nin tapşırıqlarını yerinə yetirir. MDI-nin tapşırıqlarına uyğun olaraq MDX enerjisistemin uzunmüddətli rejimlərinin detallaşdırılmasını həyata keçirir.

Uzunmüddətli planlaşdırma zamanı alınan məlumatlar qısamüddətli rejimlərin bir və bir neçə günlük (həftəlik) optimallaşdırılması zamanı istifadə edilir. Enerjisistemin iş şəraitinin (istehlak səviyyəsi, hidroresurslarla təmin olunma, yanacaq ehtiyatlarının vəziyyəti və s.) dəyişməsi və dəqiqləşdirilməsi ilə əlaqədar uzunmüddətli planlarda vaxtaşırı düzəlişlər edilir. Uzunmüddətli planlaşdırmanın nəticələri qısa müddətli planlara (hidroresursların həftəlik və ya sutkalıq sərfləri, təmir gücləri və s.) təsir edən əsas məhdudiyyətlər rolunu oynayır. Qeyd olunan məhdudiyyətlər nəzərə alınmaqla qısamüddətli planlar idarəetmənin bu mərhələsində olan iş şəraiti haqqında tam və dəqiq məlumatlar əsasında optimallaşır. Qısa müddətli rejimlərin hazırlanması zamanı, enerjinin etibarlıq və keyfiyyət tələbləri ilə əlaqədar olan bir sıra məhdudiyyətlərin dəqiqləşdirilməsi tələb olunur. Bu vaxt səviyyəsində yükün (istehlak gücünün) sutkalıq qrafikləri proqnozlaşdırılır, avadanlıqların, avtomatika və operativ

idarəetmə vasitələrinin təmirə çıxarılma sifarişləri işlənilir və onlara icazə verilir, günün xarakterik saatları üçün (maksimum saatları, yükün gücə düşməsi) güc balansı tərtib edilir və MDİ tərəfindən enerji sistemi və elektrik stansiyaları üçün sutkalıq optimal plan-qrafiklər və dövlətlərarası güc axınları qrafikləri verilir.

Üçüncü zaman səviyyəsi – operativ idarəçilik – MDİ, RDİ, MDX dispetçerlərinin və enerji obyektlərin növbətçi operativ heyətinin iyerarxik tabeçiliyə uyğun olaraq həyata keçirdikləri cari rejimin fasiləsiz idarə edilməsidir. Bura, planlı və plandankənar əməliyyatlar, qısamüddətli planlaşdırmadan enerjisistemin işinin məcburi kənarlaşması zamanı plan tapşırıqlarında düzəlişlər etməklə qısamüddətli planların həyata keçirilməsi, sxem və rejimə fasiləsiz nəzarət, rejimin tənzimlənməsi və lazım gəldikdə – avtomatika qurğularının işinin etibarlığı və səmərəliyinin təmin edilməsi məqsədi ilə təshih qiymətlərinin dəyişdirilməsi, normal rejimin pozulmasının qarşısının alınması və yaranmış qəza pozuntularının təcili aradan qaldırılması daxildir.

Ən aşağı zaman səviyyəsi – mərkəzləşdirilmiş və yerli (qeyri-mərkəzləşdirilmiş) sistemlər və rejimin avtomatik tənzimləmə, RM və ƏQA qurğuları tərəfindən yerinə yetirilən avtomatik idarəetmə səviyyəsidir.

Cədvəl 1.1.-də dispetçer idarəçiliyin məkan pillələri və zaman səviyyələri arasındakı normal rejimlərin idarə edilməsinin bir sıra əsas məsələlərinin bölüşdürülməsi göstərilmişdir [26].

Bütün məkan pillələri və zaman səviyyələrinin iyerarxik münasibətləri rejimlərə qoyulan məhdudiyyətlərə və qəbul edilmiş optimallıq kriteriyalarına uyğun olaraq EES-in rejimlərinin idarəedilməsinin ümumi kompleks məsələlərinin həllini təmin edir. EES üçün optimallıq hər pillənin zaman səviyyəsinin, optimallaşma prinsiplərindən

daha geniş istifadə edərək daha yüksək idarə pillə və səviyyəyə tabe edilməsi ilə əldə edilir. Baxılan kompleks məsələyə nəzərən bu prinsip: verilmiş pillə və ikili idarəçilik iyerarxiya səviyyəsində işlənilən tapşırıq, daha aşağı pillə və idarəçilik səviyyələrinə uyğun olan EES-in hissələrinin ekvivalent xarakteristikalarından (modellərindən) istifadə etməklə rejimin optimallaşdırılması ilə təyin edilməsindən; alınmış tapşırıqların optimal şəkildə hər bir daha aşağı pillə və səviyyələrdə, dəqiqləşdirmə və detallaşdırılmaqla EES-in idarə edilən hissələrinin daha tam modellərindən istifadə edilməsi əsasında işlənilməsindən ibarətdir.

EES inkişaf etdikcə onun rejimlərinin idarə olunması məsələləri mürəkkəbləşir və bu isə idarəçilik üsul və vasitələrinin təkmilləşdirilməsini tələb edir. Ona görə də axırıncı üç onillik ərzində dispetçer idarəçiliyinin avtomatlaşdırılmasına – EES-in avtomatlaşdırılmış dispetçer idarəçiliyi sisteminin (ADİS) yeni inkişaf şəraitinə uyğunlaşdırılmasına və yenidən qurulmasına maksimum diqqət yetirilmişdir. Bu baxımdan Azərbaycan EES də istisna deyil. Daha ətraflı növbəti fəsillərdə verilmişdir.

Dispetçer idarəçiliyi iyerarxik sistemin effektiv fəaliyyəti koordinasiya funksiyalarını həyata keçirən yuxarı pillə tərəfindən təmin olunur. yuxarı pilləyə aiddir. Koordinasiyanın həyata keçirilməsi yuxarı və aşağı pillənin effektiv qarşılıqlı fəaliyyəti ilə yanaşı, eyni zamanda aşağı pillənin elementlərinin qarşılıqlı səmərəli fəaliyyətini də təmin edir. Bu idarəetmə prinsipləri xüsusilə bazar iqtisadiyyatı şəraitində daha böyük əhəmiyyətə malikdir.

Dispetçer idarəçiliyi sisteminin normal rejimlərin idarəedilməsi üzrə əsas məsələlərin zaman və məkan iyerarxiyalarının səviyyələri arasında paylanması.

Cədvəl 1.1

№	Məsələlər	Planlaşdırma		İdarəetmə	
		uzun müddətli	qısa müddətli	operativ	Avto-matik
1	İş rejimləri və sxemlərinə dair məlumatların yığılması və ilkin işlənməsi	I, II, III	I, II, III	I, II, III	I, II, III
2	Elektrik enerjisi və istiliyin sərfi proqnozu	I, II, III	I, II, III	-	-
3	Elektrik və istilik yüklərinin proqnozu	I, II, III	I, II, III	I, II, III	-
4	Əsas avadanlıqların təmirinin planlaşdırılması	I, II, III	I, II, III	-	-
5	Aktiv güc balansının tərtib olunması	I, II, III	I, II, III	I, II, III	-
6	Elektrik və istilik enerjisi istehsalının planlaşdırılması	I, II, III	I, II, III	-	-
7	Qərarlaşmış rejimlərin hesabatı	I, II, III	I, II, III	I, II, III	-
8	Statik və dinamik dayanıqlığın hesabatı	I, II, III	I, II, III	I, II, III	-
9	Elektrik əlaqələri üzrə güc axını həddlərinin təyini (və ya axının tənzimlənməsi)	I, II, III	I, II, III	I, II, III	I, II, III
10	Operativ və qəza sifarişlərinin idarə olunm.	-	I, II, III	I, II, III	-
11	Kommutasiya sxemləri və avadanlıqları tərkibinin seçilməsi (və ya dəyişdirilməsi)	I, II, III	I, II, III	I, II, III	I, II, III
12	Aktiv gücə görə rejimin seçilməsi (aktiv gücün paylanması)	I, II, III	I, II, III	I, II, III	I, II, III
13	Gərginlik və reaktiv gücə görə rejimin seçilməsi (və ya gərginliyin tənzimlənməsi)	I, II, III	I, II, III	I, II, III	I, II, III
14	Texniki-iqtisadi göstəricilərin hesabatı	I, II, III	I, II, III	I, II, III	-
15	Sistemin əsas strukturunun etibarlığının analizi	I, II, III	I, II, III	-	-
16	Elektrik şəbəkələrinin etibarlığının analizi	I, II, III	I, II, III	I, II, III	-
17	İstilik şəbəkələrinin etibarlığının analızı	I, II, III	I, II, III	-	-
18	Sistemin vəziyyətinin və rejiminin operativ qiymətləndirilməsi	-	-	I, II, III	-
19	Tezliyin tənzimlənməsi	-	-	I, II, III	I, II, III
20	RM,ƏQA, GTAT və s. avtomatik idarə sistemlərinin sazlanması (və ya korrektə)	I, II, III	I, II, III	I, II, III	I, II, III

I – “Azərenerji”MDİ, II – regional dispetçer xidmətləri,
III – paylayıcı şəbəkələrin yerli dispetçer xidmətləri

1.2. Dipetçer İdarəçiliyinin formaları

Dispetçer texnoloji idarəçiliyi, səviyyələr arasında texnoloji idarəetmə funksiyalarının paylanması, və eləcə də idarəetmənin aşağı pillələrinin yuxarı pilləyə ciddi tabeçiliyini nəzərdə tutan iyerarxik struktur üzrə təşkil olunmalıdır.

Azərbaycan enerji sisteminin tərkibində olan müvafiq bazar subyektlərinin mülkiyyət formalarından asılı olmayaraq, dispetçer texnoloji idarəetmənin bütün orqanları özündən yuxarı texnoloji dispetçerin komandalarına (göstərişlərinə) tabe olmalıdırlar.

Operativ tabeçiliyinin iki kateqoriyası nəzərdə tutulur – operativ idarə və operativ sərəncam səlahiyyəti.

Müvafiq dispetçerin operativ idarəsində, tabeliyində olan dispetçer heyətinin hərəkətlərinin koordinasiyasını və müxtəlif operativ tabelikdə olan bir neçə obyektlərdə operativların uyğunlaşdırılmış hərəkətlərini tələb edən güc avadanlıqları və idarəetmə vasitələri daxildir.

Dispetçerin operativ sərəncamına isə vəziyyətləri və rejimləri enerjisistemin iş rejiminə təsir edən güc avadanlıqları və idarəetmə vasitələri daxildir. Belə avadanlıqlarla və idarəetmə vasitələri ilə operativlar müvafiq dispetçerin icazəsi ilə həyata keçirilməlidir.

Fəaliyyətdə olan qaydalar və təlimatlar, EES-in bütün elementlərinin (avadanlıqlar, aparaturalar, avtomatika qurğuları və idarəetmə vasitələri) müxtəlif idarəetmə pillələri dispetçerlərinin və böyük növbətçi heyətinin operativ idarəsində və sərəncamında olması nəzərdə tutulur.

Operativ idarəçilik termini ilə, EES-in hər bir avadanlığı ilə keçirilən operativların yerinə yetirilməsi yalnız idarəsində bu avadanlıqlar olan dispetçerin (böyük növbətçi heyətin) sərəncamı ilə yerinə yetirilən operativ tabeçiliyi növü ifadə edilir. Dispetçerin operativ

idarəçiliyində olan avadanlıqlarla keçirilən operativlar dispetçerin tabeliyində olan operativ heyətinin fəaliyyətlərinin koordinasiyasını tələb edir.

Operativ sərəncam termini ilə, EES-in hər bir avadanlığı ilə keçirilən operativların yerinə yetirilməsi, həmin avadanlıqların səlahiyyətində olduğu müvafiq dispetçerin xəbərdar edilməsi (sərəncamı) ilə nəzərdə tutulan operativ tabeçiliyi növü ifadə edilir.

Operativ idarəçiliyin iki səviyyəsi nəzərdə tutulur. Birinci səviyyənin, operativ səlahiyyətinə eyni pillədə və ya özündən yüksək pillədə olan dispetçerin razılığı və ya onun xəbərdar edilməsi ilə operativlar həyata keçirilən avadanlıqlar daxildir.

İkinci səviyyənin səlahiyyətinə, vəziyyətləri və ya operativları elektrik şəbəkəsinin müəyyən hissəsinin iş rejiminə təsir edən avadanlıqlar daxildir. Bu avadanlıqlarla operativlar yüksək səviyyədə olan dispetçerin razılığı və maraqlı olan dispetçerlərin xəbərdar edilməsi ilə keçirilir.

EES-in hər bir elementi, yalnız bir pillənin dispetçerinin operativ idarəçiliyindən başqa, eləcə də bir və ya müxtəlif idarəetmə pillələrinin bir neçə dispetçerinin sərəncamında ola bilər. Avadanlıqların, avtomatika və idarəetmə vasitələrinin idarəetmə növləri üzrə ərazi tabeçiliyinin pillələri arasında bölünməsi, idarəetmə funksiyalarının nəinki operativ idarəetməsinin zaman səviyyəsində olan ərazi tabeçiliyinin pillələri arasında paylanmasını xarakterizə edir, və eləcə də, artıq dərəcədə bu funksiyaların başqa zaman səviyyələrində paylanmasını müəyyən edir.

Bununla bərabər, operativ idarəçiliyində və bəzi hallarda rejimlərin planlaşdırılmasında bir bölmənin eyni idarəetmə səviyyəsində olan başqa bölməyə müəyyən məsələlər dairəsində tabeçiliyi nəzərdə tutulur. Məsələn, bir enerji sisteminin dispetçerinə, onu qonşu sistemlə

birləşdirən elektrik verilişi xəttinin (EVX) operativ idarəçiliyi həvalə edilə bilər. Beləliklə, enerji sisteminin dispetçerlərinə, həmin mərhələdə icrası mümkün olan funksiyaların bir hissəsinin verilməsi ilə Birləşmiş Dispetçer İdarəsi (BDİ) dispetçerlərinin yükü azaldılmış olur.

Elektrik enerjisinin istehsalını və paylanmasını təmin edən EES-in bütün avadanlıqları enerjisistemin növbətçi dispetçerinin və ya ona bilavasitə tabe olan operativ heyətinin (elektrik stansiyalarının növbə rəislərinin, elektrik və istilik şəbəkələrinin dispetçerlərinin, yarımstansiyaların növbətçi heyətinin və s.) operativ sərəncamındadır. Operativ idarəsi və sərəncamında olan avadanlıqların siyahıları Azərbaycan enerji sistemi tərəfindən təsdiq edilir.

Enerji sistemi dispetçerinin operativ idarəsində olan əsas avadanlıqlarla aparılan operativlar enerji müəssisələrinin növbətçi heyətinin hərəkətlərinin koordinasiyasını və ya bir neçə obyektlərin RM və avtomatikasında (RMA) razılaşdırılmış dəyişikliklər edilməsini tələb edir.

Azərbaycan enerji sistemində xüsusi vacib rol oynayan enerji obyektlərinin operativ idarəçiliyi, istisna hal kimi, obyektin dispetçerinə deyil, digər ərazi səviyyəsinin və ya BDİ-nin dispetçerinə həvalə oluna bilər.

BDI-nin növbətçi dispetçerinin operativ sərəncamında RDQ-in rejiminə təsir edən sistemlərarası əlaqələr və əsas şəbəkələrin obyektləri, enerjisistemin tam işçi gücü və güc ehtiyatı, elektrik stansiyası və böyük güclü aqreqatlar ola bilər. BDİ-nin dispetçerinin operativ idarəsinə verilən avadanlıqlarla keçirilən operativlar enerjisistemin növbətçi dispetçerlərinin hərəkətlərinin koordinasiyasını tələb edir.

Operativ tabeçiliyi prinsipi əsas avadanlıqlardan və aparatlardan başqa, operativ heyətinin istifadə etdiyi müvafiq obyektlərin RM, xətti və ƏQA, normal rejimin avtomatik tənzimləmə vasitələri və sistemləri, eləcə də

dispetçer və texnoloji idarəetmə vasitələrinə də (DTİV) şamil olunur.

"Azərenerji" ASC MDİ-nin və RDİ-nin növbətçi dispetçerləri – uyğun olaraq Azərbaycan enerji sisteminin və RDİ-in ali operativ rəhbərləridir. Müvafiq mərhələnin dispetçerinin operativ idarəsində və ya sərəncamında olan avadanlıq, dispetçerin icazəsi və yaxud göstərişi olmadan istismardan və ya ehtiyatdan çıxarıla və eləcə də, işə qoşula bilməz. Dispetçerlərin səlahiyyətinə aid olan məsələlər üzrə enerji obyektlərinin və sistemlərinin inzibati rəhbərliyinin sərəncamları, yalnız ali pillənin operativ növbətçisinin icazəsi ilə operativ heyəti tərəfindən yerinə yetirilə bilər.

Ali mərhələ (Azərbaycan enerji sisteminin MDİ) RDİ-in paralel işinə sutkalıq operativ rəhbərliyi və sistemin rejiminin fasiləsiz tənzimlənməsini həyata keçirir. Orta mərhələ (RDİ-in) enerji qovşaqlarının rejimini aparır və enerji obyektlərinin paralel işini idarə edir. Enerjisistemin dispetçer xidməti sistemdaxili enerji obyektlərinin uyğunlaşdırılmış işini təmin etməklə, enerjisistemin rejimlərini idarə edir.

Normal tezliyin saxlanılması üçün əsas məsuliyyət – Azərbaycan enerji sisteminin ali operativ rəhbəri olan MDİ-nin dispetçerinin üzərinə düşür. BDİ-nin və enerji sistemlərinin dispetçerləri enerji sistemləri arasında müvafiq olaraq verilmiş güc axınları qrafiklərinin əməl olunmasını, güc balansları dəyişdikdə normal tezliyin tənzim olunması məqsədi ilə güc axınlarının dəyişilməsinə dair göstərişlərin icrasını təmin edir. Verilmiş fırlanan güc ehtiyatının təmin olunmasında – tezliyin saxlanılması, tezliyin və aktiv gücün avtomatik tənzimlənməsində isə – avtomatik tənzimlənməyə cəlb olunan avtomatik sistem və qurğuların istifadəsi və elektrik stansiyalarında tələb olunan tənzimlənmə diapazonunun saxlanılması üzrə məsuliyyət həmçinin BDİ və enerjisistem dispetçerlərinin üzərinə düşür.

Əsas sistem təşkiledici şəbəkələrin gərginliyə görə rejimlərinin idarə edilməsi müvafiq dispetçer idarəetməsi pillələri heyətinin razılaşdırılmış hərəkətləri ilə həyata keçirilir. Azərbaycan enerji sisteminin MDİ və BDİ-nin dispetçerləri əsas sistem təşkiledici şəbəkələrin müvafiq nöqtələrində gərginliyin təlimatlarla təyin edilmiş səviyyəsini edirlər.

Operativ idarəetməsinin ali mərhələsi olan MDİ, bilavasitə tabeliyində olan obyektlərin və BDİ-nin operativ heyəti üçün mütləq sayılan, rejimlərin aparılması və operativ idarə olunması üzrə əsas təlimatları hazırlayır və təsdiq edir. Ərazi BDİ, öz birliklərində MDİ-nin təlimatlarının ümumi qaydalarına müvafiq və öz növbəsində, MDX tərəfindən, enerji sisteminin struktur və rejim xüsusiyyətlərini nəzərə alan yerli təlimatların hazırlanmasına xidmət edən təlimatlar hazırlayır.

1.3. Enerji sistemlərinin rejimlərinin xarakteritikaları

Enerji sistemləri iş prosesində müxtəlif rejimlərdə ola bilərlər – normal, təmir, qəza və qəzadan sonra. Onların hər birində müxtəlif idarəçilik məsələləri həll olunur, həmçinin idarəçiliyin avtomatlaşdırılma səviyyəsi və idarəçiliyin ərazi pillələrinin operativ personalları arasında vəzifələrin bölüşdürülmə xüsusiyyətləri də müxtəlifdir:

Rejim	Xarakteristika
Normal	Elektrik enerjisinin etibarlığı və keyfiyyəti üzrə təyin edilmiş tələblərin yerinə yetirilməsi.
Ağırlaşdırılmış (məcburi)	Rejimin müddəti məhduddur. Elektrik enerjisinin etibarlıq və keyfiyyət tələblərinin azalması. Qəzanın başvermə ehtimalının artması.
Qəza	Mühafizə və avtomatika vasitələri ilə cəld qarşısının alınmasını tələb edir. Bəzi hallarda növbətçi heyətin təxirəsalınmaz müdaxiləsini tələb edir.
Qəzadan sonrakı	Qəzanın qarşısı alındıqdan sonra enerjisistemdəki rejim. Çox hallarda ağırlaşmış olur, müddətinin məhdudlaşdırılması üçün personalın müdaxiləsi zəruriyyətini yaradır.

1.4. Enerjisistemin dayanıqlığının təmin olunmasına görə normativ təsirlər və ehtiyat əmsalları.

ES-in dayanıqlığı elmi fənn kimi, hərəkətin dayanıqlığının ümumi nəzəriyyəsinə söykənir. Sistemin hərəkəti dedikdə zamana görə onun istənilən parametrlərinin dəyişməsi nəzərdə tutulur. Mexaniki sistemlər üçün bu adi hərəkətdir, qeyri-mexaniki sistemlər üçün isə müvafiq fiziki parametrlərin zamana görə dəyişməsidir. ES-də belə parametrlər, generatorların gücləri, yüklər, cərəyan, gərginlik, elektrik maşınların rotorlarının fırlanma tezliyi, eyni adlı rotor onların arasında qarşılıqlı bucaq və s. rejim parametrləri ola bilər.

Kiçik təsirlərdən, enerjisistemi təsvir edən bərabərliyi sadələşmə əməliyyatları ilə dəyişərək elə şəkilə gətirmək olar ki, ümumi dayanıqlıq nəzəriyyəsinin riyazi kriteriyalarından istifadə mümkün olsun [27]. Böyük təsirlərdən, enerji sistemi və onun tənzimləmə sisteminin və əks-qəza avtomatikasının ətraflı təsviri üçün zəruriyyət yaranarsa, ümumi dayanıqlıq nəzəriyyəsinin riyazi kriteriyalarının tətbiqi mümkün olur.

Ona görə də dayanıqlıq nəzəriyyəsinin ES-ə tətbiqində [28] iki dayanıqlıq kateqoriyasına baxılır.

Birinci statik dayanıqlıq – enerjisistemin kiçik təsirlərdən qərarlaşmış rejimə qayıtma qabiliyyətidir. Kiçik təsirlər daima olduğuna görə, statik dayanıqlığın təmin olunması, enerjisistemin iş qabiliyyətinin zəruri şərtidir.

Böyük təsirlərə dinamik və ümumi dayanıqlıq anlayışları uyğun gəlir. Dinamik dayanıqlıq, enerjisistemin böyük təsirlərdən asinxron rejimə keçmədən qərarlaşmış rejimə qayıtma qabiliyyətidir. Ümumi dayanıqlıq – enerjisistemin asinxron rejim yarandıqdan sonra, sinxron iş rejiminin bərpa etmə qabiliyyətidir.

Beləliklə dayanıqlıq məsələlərinin, statik, dinamik və ümumi dayanıqlıq məsələlərinə bölünməsi şərti olmaqla, analitik istifadə üsulları ilə təyin olunur.

Normativ təsirlər

Enerjisistemin dayanaqlığına dair rəhbər göstərişlərin tələblərinə enerji sistemləri və onların tərkibinə daxil olan RDİ-in idarəçilik ərazisində olan regional enerji qovşaqları (REQ), birlikləri riayət etməlidirlər.

Enerjisistemin dayanıqlığına dair tələblərində nəzərə alınan təsirlər 3 qrupa bölünür (I, II, III). Qrupların tərkibinə aşağıdakı təsirlər daxildir:

- şəbəkə elementinin q.q. və q.q. olmadan açılması (təsirlərin qruplar üzrə paylanması cədvəl 1.2-də verilir);
- hər hansı bir səbəbdən – generator və ümumi açarı olan generatorlar blokunun yüksək gərginlik tərəfindən, böyük yarımstansiya (YS) və ya böyük istehlakçının, sabit cərəyan xəttinin (SCX) və ya onun elementinin və s. açılmasından gücün qəza qeyri-balansının əmələ gəlməsi (təsirlər qrupları üzrə paylanma cədvəl 1.3-də verilir).

Bundan əlavə III qrupa aşağıda verilən təsirlər də daxildir:

- cədvəl 1.2-də göstərilən I qrupa aid təsirlənmələrdə, qısa xəttin yarısından uzun olduğu ümumi koridorda yerləşən iki dövrənin eyni zamanda açılması;
- I və II qrupa aid təsirlənmələrdə, bir açarın təmiri səbəbindən şəbəkə və ya generatorun eyni paylaşdırıcı qurğuya qoşulmuş bir elementinin açılmasının digər elementinin açılması ilə nəticələnməsi.

Əgər q.q., avtomatik təkrar qoşma (ATQ) prosesində yaranan fasilə və s. səbəbindən böyük enerji tutumlu istehlakçının elektrik təchizatının qısa müddətli pozulması nəticəsində, bir qrup mühərriklərin açılmasından sonra onların qrup şəkilində qoşulma ehtimalı varsa, onda bu prosesdən yaranan reaktiv yükün artımının I qrup təsirlənmələrindən biri kimi nəzərə alınması zəruridir [29, c. 18].

Cədvəl 1.2

Təsirlər	110-500 kV nominal gərginlikli EŞ-də normativ təsirlər qrupu	
	110-220kV	330-500 kV
q.q baş vermədən şəbəkənin hər hansı elementin açılması,	I	I
EVX-də q.q. baş verdikdə		
Bir fazalı qq, uğurlu ATQ ilə (330 kV və ondan yuxarı gərginlikli xətlərdə – BATQ, 110-220 kV-luq xətlərdə –ÜATQ)	I	I
Bir fazalı q.q, uğursuz ATQ ilə (330 kV və ondan yuxarı gərginlikli xətlərdə – BATQ, 110-220 kV-luq xətlərdə – ÜATQ)*	I	I
Çox fazalı q.q, uğurlu və uğursuz ATQ ilə*	II	II
Bir fazalı, bir açarın imtinası və açarın imtinasını ehtiyatlandıran qurğunun işləməsi ilə	II	III
Çox fazalı, bir açarın imtinası ilə(330-500 kV-luq xətlərdə – açarın bir fazasının imtinası) və açarın imtinasını ehtiyatlandıran qurğunun işləməsi ilə	III	III

* Qövsün sönmədiyindən ATQ-nın avtomatik qadağan olunması zamanı, uğursuz ATQ nəzərə alınmır.

Cədvəl 1.3.

Gücün qəza qeyri-balansının qiyməti	Normativ təsirlən-mələr qrupu
RDQ-də az miqdarda olan, ən güclüsündən başqa, generatorun və ya generatorlar blokunun gücündən çox olmayan	I
I qrupun qeyri-balans qiymətindən az olmayan, eyni zamanda RDQ-də ən böyük gücü olan generatorun və ya generatorlar blokunun gücündən çox olmayan	II
II qrupun qeyri-balans qiymətindən az olmayan, eyni zamanda: -elektrik stansiyasında eyni gərginlikdə olan paylayıcı qurğuya və ya bir bölmənin şininə (sisteminə) qoşulmuş gücdən çox olmayan; -elektrik stansiyasının gücünün 50%-i.	III*

* BES-lər arasında əlaqələrə görə paralel işlərin dayanıqlığı nəzərdən keçirilir.

q.q-nin hesabat müddəti, əsas mühafizənin işinə müvafiq olan faktiki qiymətlərin yuxarı sərhədinə görə qəbul edilir. Layihələndirmədə nominal gərginliyə görə q.q müddətinin aşağıda verilən qiymətlərdən çox olmamasının təmin edilməsi üçün tədbirlər görülməlidir [29, c. 17-18]:

Xəttin nominal gərginliyi, kV	330	500
q.q.-nin açılma müddəti, san	0,14	0,12

Statik dayanıqlığın ehtiyat əmsalı.

Aktiv gücə görə (K_p) en kəsikdə statik dayanaqlığın ehtiyat əmsalı aşağıda verilən ifadə ilə hesablanır:

$$Kp = \frac{P_h - P - \Delta P}{P}, \qquad (1.1)$$

burada

P_h – statik dayanıqlığa görə həddi rejimdə nəzərdən keçirilən en kəsikdən ötürülən aktiv güc (en kəsikdəki güc axını);

P – nəzərdən keçirilən rejimdə en kəsikdəki güc axını, $P>0$;

ΔP – nəzərdən keçirilən rejimdə bu en kəsikdə aktiv gücün qeyri-müntəzəm rəqslərinin hesabat amplitudası (qeyri-müntəzəm rəqslərin təsirindən P güc axınının $P+\Delta P$ diapazonunda dəyişilməsi qəbul edilir).

Statik dayanıqlığa görə həddi güc axınının en kəsikdə təyin edilməsi rejimin ağırlaşması ilə (güc axınının artırılması ilə) həyata keçirilir. Bu halda, hər hansı bir parametrin və ya parametrlər qrupunun dəyişilməsi zamanı statik dayanıqlıq sahəsinin sərhədinə çatmaq imkanı əldə edən qərarlaşmış rejimlər ardıcıllığından ibarət olan rejimin ağırlaşma trayektoriyası nəzərdən keçirilir.

Güc axınının en kəsikdə artmasına, bu EES üçün səciyyəvi olan və nəzərdən keçirilən en kəsiyinin hər iki tərəfində yerləşən hissələr arasında gücün qovşaqlararası paylanması ilə fərqlənən bir sıra ağırlaşma xətti üçün baxılmalıdır. P_h ən kiçik həddi gücə müvafiq olan trayektoriya ilə təyin edilir.

Rejimin yalnız gücə görə balanslaşmış ağırlaşması (tezliyin praktiki olaraq dəyişilmədiyi) üsullarının nəzərdən keçirilməsinə icazə verilir. Konkret hallar üçün güc axınının artması tezliyin təsiredici dəyişilməsindən və ya onun müşahidəsi ilə olanda, rejimin ağırlaşmasının belə üsulları da nəzərdən keçirilməlidir.

Statik dayanıqlıq üzrə həddi güc axınları, generatorların yüklənməsini nəzərə almaqla 20 dəqiqə ərzində buraxıla bilən rotor cərəyanına görə təyin edilir.

Buraxıla bilən vaxt ərzində en kəsikdə dayanıqlıq ehtiyatı azalmadan daha artıq yüklənmənin avtomatik qarşısı alınarsa (hidrogeneratorların avtomatik işə salınması, onların kompensator rejimindən aktiv rejimə keçirilməsi və s.), onların nəzərə alınmasına icazə verilir (qəzadan sonra olan rejimdən başqa bütün rejimlərdə).

Aktiv gücün qeyri-müntəzəm rəqslərinin amplitud qiyməti (ΔP) EES-in hər bir en kəsiyi üçün ölçü qiymətləri ilə təyin edilir.

Ölçü qiymətləri olmadıqda aktiv gücün qeyri-müntəzəm rəqslərinin hesabat amplitudası, MVt vahidində, aşağıda verilən ifadə ilə təyin edilə bilər:

$$\Delta P = K\sqrt{\frac{P_{y1}P_{y2}}{P_{y1}+P_{y2}}}, \qquad (1.2)$$

burada

P_{y1}, P_{y2} – nəzərdən keçirilən en kəsiyinin hər iki tərəfindəki yükün yekun gücü;

K – əmsal, əl ilə tənzimlənən sistemlər üçün K=1,5 və güc axınları məhdudlaşdırılan və avtomatik tənzimlənən sistemlər üçün isə K = 0,75.

İstismar vaxtı statik dayanıqlığın normativ ehtiyatlarına riayət olunmasına nəzarət üçün, bir qayda olaraq, aktiv güc axınlarının qiymətlərindən istifadə etmək tələb olunur.

Zəruri hallarda, maksimum buraxıla bilən və qəza vaxtı buraxıla bilən güc axınları, digər en kəsiklərinin güc axınlarının və enerjisistemin düyün nöqtələrində gərginliyin funksiyaları kimi verilir. Belə axın və gərginlikləri nəzarətdə olan parametrlər sırasına daxil etmək lazımdır.

Konkret şəraitlərdən asılı olaraq, nəzarətdə olan parametrlər kimi enerjisistemin rejiminin digər parametrləri də istifadə edilə bilər, məsələn xəttin əvvəlində və axırında gərginlik vektorları arasında bucağın qiyməti. Aktiv gücə görə statik dayanıqlıq ehtiyatının normativ əmsalının təmin olunması üçün nəzarətdə olan parametrlərin buraxıla bilən qiymətləri hesabat əsasında təyin edilir.

Yük qovşalarında gərginliyə görə ehtiyat əmsalı.

Gərginliyə görə ehtiyat əmsalının qiymətləri yük qovşaqlarına aiddir və aşağıda verilən düsturla təyin edilir:

$$K_u = \frac{U - U_b}{U}\ , \qquad (1.3)$$

burada

U – nəzərdən keçirilən rejimdə qovşağın gərginliyi;

U_b – həmin qovşaqda mühərriklərin statik dayanıqlığının pozulmasına gətirib çıxaran sərhəddən aşağı olan son həddə müvafiq böhran gərginliyi.

110 kV-luq və yuxarı gərginlikli yük qovşağında böhran gərginliyi, bir qayda olaraq, 0,7 U_{nom} və 0,75 U_{norm} qiymətlərindən az qəbul edilmir (U_{nom} – nominal gərginlik,

U_{norm} – normal rejimdə nəzərdən keçirilən yük qovşağındakı gərginlik).

Yük qovşağında gərginliyə görə normativ ehtiyatlara riayət olunmasına nəzarət üçün, istismar praktikasında EES şəbəkələrinin hər hansı qovşaqlarındakı gərginliklərdən istifadə edilə bilər. Nəzarətdə olan qovşaqlarda gərginliyin buraxıla bilən qiymətləri EES-in rejimlərinin hesabatları ilə təyin edilir.

1.5. Enerjisistemlərin dayanıqlığına olan tələblər.

Enerjisistemlərin dayanıqlığına olan tələblər cədvəl 1.4.-də verilmişdir. Bu tələbləri texniki-iqtisadi əsaslanmalarla konkret şəraitləri nəzərə alaraq dəyişdirmək olar.

EES-in dayanıqlıq şərtlərinə görə xəttin en kəsiklərində aktiv güc üzrə və yük qovşaqlarında gərginlik üzrə statik dayanıqlığın minimum ehtiyat əmsalları normalaşdırılır. Bundan əlavə, həm dinamik dayanıqlığı, həm də qəzadan sonrakı rejimlərdə statik dayanıqlığın normalaşdırılmış ehtiyat əmsallarını təmin edən təsirlər təyin olunur.

Həmin tələblər aşağıda göstərilən üsullarla təmin olunur:

- elektrik şəbəkəsinin gücləndirilməsi;
- qq.-nin açılma müddətinin aşağı salınması, ATQ qurğularının sazlanmasının təkmilləşdirilməsi və optimallaşdırılması (məsələn, ATQ-nin fasilə müddətində qövsün sönməsinə nəzarət edilməsi, EVX-in gərginlik altına qoşulma üsulunun seçilməsi, ATQ-nin fasilə müddətinin dəyişilməsi) və s.;
- dayanıqlığın pozulmasının ləğvi avtomatikası (DPLA) sistemi və qurğularının tətbiq edilməsi;
- EES-in iş rejiminin dəyişdirilməsi.

Aperiodik statik dayanıqlıq üzrə ehtiyat əmsalları normalaşdırılır; bu halda rejimlərin buraxıla bilən hissəsində öz-özünə hərəkət etmə istisna olunmalıdır. Əks halda, onun səbəblərinin qarşısının alınması üzrə tədbirlər görülməlidir və rəqslərin ləğvinə qədər onların müşahidə olunduğu en kəsiyiinn yükünün operativ olaraq azaldılması tələb olunur.

Buraxıla bilən güc axınları üçün, rejimin mövcud olduğu müddəti nəzərə alaraq, avadanlıqların termik yüklənməsinin istisna etmək və eləcə də enerjisistemin dayanıqlığı ilə əlaqədar olmayan digər məhdudiyyətlər də yoxlanmalıdır.

Dayanıqlıq göstəricilərinin qiymətləri cədvəl 1.4-də verilənlərdən az olmamalıdır.

Cədvəl 1.4

En kəsikdə güc axını	Aktiv gücə görə minimum ehtiyat əmsalı, K_p	Gəginliyə görə minimum ehtiyat əmsalı, K_u	En kəsikdə dayanıqlığı təmin edən təsirlər qrupu	
			normal sxemdə	təmir sxemində
Normal	0,2	0,15	I,II,III	I,II
Ağırlaşmış	0,2	0,15	I,II	I
Məcburi	0,08	0,1	-	-

EES-in layihələndirilməsi zamanı normal sxem və güc axınlarında 500 kV-luq və aşağı gərginlikli şəbəkədə I qrup təsirlər nəticəsində dayanıqlıq ƏQA vasitələri tətbiq edilmədən təmin olunmalıdır [29, c.21-22].

EES-in normal sxem və güc axınları ilə istismarında, I qrup təsirlər nəticəsində dayanıqlıq, aşağıda verilən hallar istisna olmaqla, ƏQA vasitələri tətbiq edilmədən təmin olunmalıdır:

- tələbin yerinə yetirilməsi istehlakçıların məhdudlaşma zəruriyyətinə və ya hidroresursların itməsinə gətirib çıxardıqda;
- təsir nəticəsində en kəsiyin statik dayanıqlıq həddi 25 %-dən artıq azaldıqda.

Normativ təsirlər nəticəsində qəzadan sonrakı rejim aşağıda verilən tələbləri ödəməlidir:

- aktiv gücə görə statik dayanıqlıq ehtiyatı əmsalı 0,08-dən az olmamalıdır;
- gərginliyə görə ehtiyat əmsalı 0,1-dən az olmamalıdır.

Qəzadan sonrakı rejimin müddəti normal rejim şəraitinin bərpası üçün dispetçerə zəruri olan vaxt ilə (bir qayda olaraq, 15-20 dəqiqədən artıq olmayaraq) təyin edilir.

Bu müddət ərzində əlavə təsirlərin əmələ gəlməsi (yəni, qəzaların üst-üstə düşməsi) nəzərdən keçirilmir.

En kəsiyin zəifləməsinə gətirən səbəb olan təsirlər nəticəsində, dayanıqlıq, yuxarıda göstərilən şərtlər istisna olmaqla, aşağıda verilən hallarda itirilə bilər:

- nəzərdən keçirilən en kəsikdə statik aperiodik dayanıqlıq həddi 70%-dən artıq azaldıqda;
- en kəsikdə qalan əlaqələr üzrə statik aperiodik dayanıqlıq həddi bu en kəsikdə gücün qeyri-müntəzəm rəqslərinin amplitudasının 3 mislindən çox olmadıqda.

Bununla belə, iş prosesində qalan əlaqələr üzrə bölünmə ƏQA-nın dəqiq işləməsi halı üçün qəzanın kaskad inkişafına səbəb olmamalıdır.

Qeyd olunan hallarda, asinxron rejimin əmələ gəlməsinə qədər və ya onun ilkin mərhələsində EES-in həmin en kəsikdə avtomatik bölünməsi həyata keçirilməlidir.

Istismar vaxtı normal yük axınına aid edilən hər hansı bir kənarlaşma (cədvəl 1.3-də 1-ci sətir), idarə və ya sərəncamında olan həmin en kəsiyin əlaqələri n, ali operativ strukturun icazəsilə məcburi axına keçmək deməkdir. Maksimum yüklənmə davam etdiyi müddətdə, 40 dəqiqədən artıq olmayaraq və ya istehlakçılara məhdudiyyətin tətbiq edilməsi üçün zəruri olan müddətdə, ancaq qəzadan sonrakı rejimdə isə - ehtiyatın (həmçinin, istifadə edilməyənin) cəlb olunması üçün zəruri olan müddətdə en kəsikdəki məcburi güc axınına keçmə, göstərilən ali operativ idarə strukturunun növbətçi dispetçerinin icazəsi ilə operativ surətdə yerinə yetirilə bilər.

I və ya II qrup təsirlər və ƏQA-nın dəqiq işləməsi zamanı bu rejimdə dayanıqlığın pozulması ümumi gücü normal güc axınlarının normativ göstəricilərinin təmin edilməsi üçün tələb olunan istehlakçıların məhdudlaşma qiymətinin 10 mislindən artıq olan avtomatik tezlikdən yük açılma avtomatikası (TYA) və yükün açılmasının xüsusi avtomatikası (YAXA) təsirindən istehlakçıların açılmasına səbəb olduqda məcburi güc axını ilə sistemin işinə icazə verilmir.

EES-də asinxron rejimlərin qarşısının avtomatik olaraq alınması, bir qayda olaraq, onların bölünməsi ilə nəzərdə tutulmalıdır. Avtomatik qurğuların tətbiq edilməsi ilə və ya öz-özünə aparılan sinxronlaşma, bölünmə ilə ehtiyatlanmalıdır.

EES-in avadanlıqlarının zədələnməsinin, istehlakçıların elektrik təchizatının və sinxronluğun əlavə pozulmasının qarşısının alınması zərurətini nəzərə alaraq hər bir en kəsiyi üçün asinxron rejimin buraxıla bilən müddəti və onun aradan qaldırılma üsulu təyin edilir. Bu halda, yırğalanma mərkəzi yaxınlıqlarında olan elektrik stansiya və bəsləyici yük mərkəzlərinin dayanıqlığına xüsusi diqqət yetirilməlidir.

1.6. Enerji sistemlərinin dayanıqlığına olan tələblərin icrasının hesablamalar yolu ilə yoxlanması.

EES-in dayanıqlığının hesabatları və təmin olunması üzrə tədbirlərin hesabat yolu ilə yoxlanması EES-in layihələndirilmə və istismar işlərinin zəruri hissəsidir.

Dayanıqlığın hesabatları aşağıdakı hallarda yerinə yetirilir:

- EES-in əsas sxeminin seçilməsi və əsas avadanlığın yerləşməsinin dəqiqləşdirilməsi;
- EES-in iş rejimlərinin seçilməsi;
- ƏQA vasitələri də daxil olmaqla, EES-in dayanıqlığının artırılması üçün tədbirlərin seçilməsi;
- tənzimləmə və idarəetmə sistemlərinin, RM, ATQ və s. tənzimlənmə parametrlərinin təyin edilməsi;
- EES-in dayanıqlığının artırılması üçün nəzərdə tutulan ƏQA sistemlərinin tənzimlənmə parametrlərinin təyin edilməsi;
- dayanıqlığın normativ göstəricilərinin və digər tələblərin yerinə yetirilməsinin yoxlanması.

Bundan əlavə, EES-in əsas avadanlığı, RMA və dayanıqlıq şərtlərinə görə tənzimləmə sistemlərinə olan tələblərin hazırlanmasında və dəqiqləşdirilməsi zamanı da dayanıqlığın hesabatlarını aparmaq tələb olunur.

Bundan sonra, qərarlaşmış normal və qəzadan sonrakı rejimlərin hesabatlarını, onların statik dayanıqlığının qiymətləndirilməsini, dayanıqlıq üzrə həddi rejimlərin təyin edilməsini, statik dayanıqlıq ehtiyatı əmsalının hesablanmasını və normativ təsirlərdən dayanıqlığın təyin edilməsini (dinamik dayanıqlığın hesabatını) əhatə edən 1.5. paraqrafında verilən normativ tələblərin yerinə yetirilməsinin yoxlanmasına aid məsələlər nəzərdən keçirilir.

Qərarlaşmış rejimlərin hesablanması.

EES-in dayanıqlığının yoxlanması zamanı, mümkün normal və təmir sxemlərində istehsal və istehlak qrafiklərinin sutkalıq və mövsüm üzrə səciyyəvi nöqtələrinə müvafiq olan uzunmüddətli mövcud rejimlər nəzərdən keçirilməlidir.

Qərarlaşmış rejimlərin hesabatlarında generatorlar, aktiv güc qiymətləri verilmiş sabit gərginlik mənbəyi (gərginliyin qiymətinin sabit saxlandığı hesabat nöqtələrində) kimi göstərilməlidir. Mövcud olan reaktiv gücün minimum və maksimum qiymətlərini, bu rejimdə gərginliyin və aktiv gücün qiymətlərini nəzərə alaraq vermək tövsiyə olunur. Təsbit edilmiş reaktiv gücün (gərginliyin əvəzinə) verilməsi də mümküdür.

Yük qovşaqları, bir qayda olaraq, gərginlikdən asılı olmayan aktiv və reaktiv gücün qiymətləri kimi göstərilməlidir.

Qəzadan sonrakı rejimin parametrləri, keçid prosesi, o cümlədən ƏQA-nın işləməsi və eləcə də, generatorların və sinxron kompensatorların təsirlənmə dolaqlarının ifrat yüklənməsinin məhdudlaşması nəticəsində olan dəyişiklikləri nəzərə alaraq təyin edilməlidir. Gücün qeyri-balansının böyük qiymətlərində tezliyin dəyişilməsi nəzərə alınmalıdır.

Qəzadan sonrakı rejimin hesabatında yük qovşaqları, transformator gərginliyinin avtomatik tənzimlənməsini (TGAT) nəzərə alaraq gərginliyə görə statik xarakteristikalar kimi göstərilməlidir. Tezliyin dəyişilməsində generatorlar və yük üçün onların tezliyə görə statik xarakteristikaları nəzərə alınmalıdır.

EES-in statik dayanıqlığının hesablanması

Aperiodik statik dayanıqlıq sahəsi rejimin mövcud olma sahəsinə yaxın olduğu hallarda rejimin mövcud olmasının yoxlanılması kifayətdir.

Aperiodik statik dayanıqlığın hesabatlarında hər hansı bir yük qovşağında (1.3) ifadəsindəki $U>U_b$ şərti pozularsa bu rejimi aperiodik qeyri-dayanıqlı saymaq lazımdır.

Rəqsvari dayanıqlığın hesabatlarını aşağıda göstərilən hallarda yerinə yetirmək tələb olunur:

- istismar şəraitlərində, sönməyən və ya zəif sönən rəqslərin əmələ gəlmə ehtimalı haqqında məlumatlar olduqda, buraxıla bilən rejimlər sahəsinin dəqiqləşdirilməsi və dayanıqlığın rəqsvari pozulmasının qarşısının alınması üzrə görülən tədbirlərin effektlivliyi təyin edildikdə;
- layihələndirmədə, rəqsvari dayanıqlığın təyin olunması çətin olanda, xüsusən ES-də yeni avadanlıqlar – generatorlar, təsirlənmə sistemləri və təsirlənmənin avtomatik tənzimləyiciləri (TAT) istifadə edildikdə.

Əksər hallarda, aperiodik dayanıqlığın təyin edilməsi üçün generatorların, gərginliyin sabit qaldığı hesabat nöqtələrində (TAT növündən asılı olaraq), verilmiş aktiv güclü dəyişilməz gərginlik mənbələri kimi, yüklərin isə – transformatorların gərginliyinin tənzimlənməsini nəzərə almadan statik xarakteristikalar kimi göstərilməsinə icazə verilir.

Dayanıqlığa görə həddi rejimlərin təyin edilməsi

Aktiv gücə görə dayanıqlığın ehtiyat əmsalının təyin edilməsi üçün xəttin en kəsikdə güc axınının artırılması yolu ilə dayanıqlığa görə həddi rejimin alınmasına qədər onun

ağırlaşması yerinə yetirilir (elmi-praktiki əsaslandırma cədvəl 3.5.-də verilmişdir).

Rejimin ağırlaşma yolları nəzərdən keçirilən en kəsiyinin rejimini ən artıq dərəcədə dəyişdirməlidir. Ağırlaşmış rejimlərin hesabatı onların statik aperiodik dayanıqlığının yoxlanılması ilə müşayət olunmalıdır.

Nəzərdən keçirilən en kəsikdə güc axınlarının artırılması hesabatlarında en kəsiyin bir tərəfindən generatorları yükləmək, digər tərəfindən isə yüklərinin azaldılması tövsiyə olunur. Generatorların maksimum və ya minimum güclərinin məhdudlaşmasına nail olduqda güc axınlarının sonrakı artırılmasını müvafiq olaraq yükün aktiv və reaktiv güclərinin azalması və ya artırılması ilə həyata keçirmək tövsiyyə olunur. Yükü real şəraitlər üçün mümkün olan minimuma qədər azaltdıqdan sonra, generatorların müvafiq məhdudiyyətlərini (statorun və transformatorun cərəyanına görə, aqreqatın və ya enerji blokunun güclərinə görə və s. rotorun cərəyanına görə məhdudiyyətdən başqa) aradan götürərək, güc axınının artırılmasını həyata keçirmək lazımdır.

Nəzərdən keçirilən en kəsiyi EES-in iki hissəsini birləşdirirsə, həmçinin onlardan kiçiyi defisitdirsə, EES-in həmin kəsikdə yükünün artırılmasını rejimin bu en kəsikdə əsas ağırlaşma üsulu kimi qəbul etmək lazımdır.

Əgər konkret şəraitlər üçün güc axınını artıran digər faktorlar səciyyəvi olarsa, rejimin həmin ağırlaşma üsulları da nəzərdən keçirilməlidir.

Rejimin ağırlaşmasında generatorları qərarlaşmış rejimin hesabatında olduğu kimi göstərmək olar; generatorların reaktiv gücə görə məhdudiyyətləri əvvəllər qeyd edildiyi kimi qəbul olunmalıdır.

Zəruri hallarda generatorların ikinci tənzimlənmə sistemlərinin təsiri altında aktiv gücünün dəyişilməsi nəzərə alınır. Bu halda, həmin en kəsikdə həddi güc axınına imkan

verməyən bütün avtomatik idarəetmə qurğuları (güc axınının avtomatik məhdudiyyəti, ƏQA) açılmış sayılmalıdır.

Rejimin ağırlaşmasında gərginliyin kəskin dəyişilmələri (5-10%-dən artıq) ehtimal olunan EES məntəqələrində yerləşən iri yük qovşaqları, TGAT nəzərə alınmaqla statik xarakteristikalar kimi göstərilməlidir. Başqa yuklər üçün P_y = const, Q_y = const qəbul edilməsinə icazə verilir.

Yükün artırılması üsulu ilə rejimin ağırlaşması zamanı, faktiki məlumatlar olmadıqda reaktiv yükün artırılması mütənasiblik əmsalı 0,5 - 0,7 Mvar/MVt olan aktiv yükün mütənasib artımı kimi qəbul edilməsi tövsiyə olunur.

Tezliyin təsirli dəyişilməsi ilə rejimin ağırlaşma yolları nəzərdən keçirildikdə generator və yüklər üçün əlavə olaraq tezliyə görə gücün statik xarakteristikaları verilməlidir.

Yük qovşağında böhran gərginliyin təyin edilməsi aşağıda göstərilən xüsusiyyətlərdən ibarətdir.

Yük qovşağında açılmış TAT ilə işləyən sinxron mühərriklər olarsa böhran gərginliyi $U_b = 0{,}85\ U_{nom}$ qəbul edilməlidir; dəqiqləşdirmə üçün mühərriklərin və onların təsirlənmə sistemlərinin parametrlərini nəzərə alan hesabatlar tələb olunur.

Yük qovşağında xüsusi elektrik qəbulediciləri (məsələn, sabit cərəyan elektrik intiqalı) olarsa, böhran gərginliyinin qiymətləri (U_{kr}) müvafiq idarələrin normativlərini nəzərə alaraq verilir.

Yük qovşağında paylayıcı şəbəkələrin uzun və ya artıq yüklənmiş xətləri (enerji sisteminin hesabat sxeminə daxil olmayan) olarsa, böhran gərginliyi xüsusi hesabat sxemi ilə keçirilən hesabatlar ilə dəqiqləşdirilməlidir. Həmin sxemdə: nəzərdə keçirilən qovşaqdan qidalanan paylayıcı şəbəkə, alçaldıcı transformatorların gərginliyinin tənzimlənməsi, elektrik qurğularının bütün əsas qruplarının gərginliyə görə

statik xarakteristikaları və onların böhran gərginliklərinin qiymətləri nəzərə alınır. EES-in qovşağa görə xarici hissəsi nəzərə alınmır və nəzərdən keçirilən qovşaq balanslaşdırıcı (BQ) kimi qəbul edilir. İlkin hesabatda müvazinətləşmiş qovşağın (BQ) gərginliyi bu qovşaqda normal gərginliyə bərabər qəbul edilir. Sonradan BQ-da olan gərginlik hesabatdan hesabata azalır.[29, c.26]

Yük qovşağının statik aperiodik dayanıqlığı təmin olunan bəsləyici mərkəzlərdə böhran gərginliyi, əvvəllər verilən U_b qiymətlərindən az olmayaraq, minimum gərginliyə bərabər qəbul edilir.

Dinamik dayanıqlığın hesabatları

Dinamik dayanıqlığın hesabatlarında QQ nöqtəsinə yaxın olan generatorlar üçün, təsirlənmə dolaqlarında və dempferlənmə dövrələrində elektromaqnit keçid proseslərini və TAT da daxil olmaqla təsirlənmə sistemlərində keçid proseslərini nəzərə alan hesabat modellərinin istifadə edilməsi tövsiyə olunur. Qalan generatorları isə keçid müqavimətindən sonra qiyməti sabit olan keçid elektrik hərəkət qüvvəsi (EHQ) ilə əvəz edilmələrinə icazə verilir.

Qısa müddətli keçid proseslərinin hesabatlarında, bir qayda olaraq, turbinlərin gücünün sabit qəbul edilməsinə icazə verilir.

Dinamik dayanıqlığın hesabatlarında iri yük qovşaqları üçün (xüsusilə də dəqiq modelləşdirilən generatorların yaxınlığında və enerji sisteminin dayanıqlığının pozulması ehtimal edilən en kəsiklərində) asinxron və eləcə də, böyük güc istehlak edən sinxron mühərriklərin tənliklərindən istifadə olunması zəruridir.

Digər yük qovşaqları üçün, bir qayda olaraq, statik xarakteristikaların istifadə edilməsinə icazə verilir, həm də nəzərə almaq lazımdır ki, q.q.-nın açılmasından sonra keçid

rejimində gərginliyin azalması 5-10 %-dən çox olmayan qovşaqlarda yükün sabit müqavimət kimi, q.q. yerindən uzaq olan yükün isə – eləcə də sabit güc kimi göstərilməsinə və ya axırıncını generasiya qovşaqlarının balansında nəzərə almağa icazə verilir.

Eləcə də, gərginliyin xeyli azalmasında elektrik qəbuledicilərinin öz-özünə açılmasını nəzərə almaq lazımdır.

Normativ həyəcanlanmalarda dayanıqlıq tələblərinin icrasının yoxlanılması, DPDA-ın effektivliyinin yoxlanılması da daxil olmaqla, ƏQA-nın işini nəzərə alaraq həyata keçirilməlidir.

EES-in hesabat modelləri istismar təcrübəsinə əsaslanaraq təbii şəraitdə keçirilən eksperimentlərlə dəqiqləşdirilir.

Azərbaycan EES-in nümunəsində bu və digər məsələlərə daha geniş şəkildə III və IV fəsillərdə baxılmışdır.

FƏSİL II

ENERJİSİSTEMLƏRİN YENİ FƏALİYYƏTİ VƏ İNKİŞAFI ŞƏRAİTİNDƏ REJİM ETİBARLIĞININ ANALİZİNDƏ SİSTEM YANAŞMASININ TƏTBİQİ

2.1. Dispetçer idarəçiliyi məsələlərinin həllində sistem yanaşmasının əsasları

Dispetçer idarəçiliyinin obyekti mürəkkəb sistemlərə xas olan xüsusiyyətləri özündə birləşdirən və çoxsaylı etibarlıq məsələlərinin, o cümlədən EES rejimlərinin etibarlıq məsələlərinin həllində sistem yanaşmasını zəruri edən EES-dir.

L.Bertollafi, N.Buslenko, Q.Vunşa, V.Denisova, V.Drujinina, J. Kasti, M.Mesaroviça, İ.Takaxara, A. Çvirkunun və digərlərinin [30÷38] sistemotexnikaya aid fundamental əsərlərində sistem, mürəkkəb sistem və sistem yanaşması kimi anlayışların tərifləri verilmişdir.

Sistem adı altında tam vahid kimi fəaliyyət göstərən, tərkibində qarşılıqlı əlaqəli elementlərin birliyi nəzərdə tutulur. Sistemin özü daha mürəkkəb sistemin elementi ola bilər.

Mürəkkəb sistem anlayışı əsasən birmənalı deyil. Çoxsaylı təriflər mövcuddur ki, heç birini nə dəqiqləşdirmək nə də təkzib etmək mümkün deyildir, çünki təriflərin hər biri baxılan konkret obyektlə əlaqəlidir.

Məlumdur ki, sistemin mürəkkəbliyi elementlərinin sayı və onların yerinə yetirdiyi funksiyalarla, yüksək rabitəlilik dərəcəsilə, idarəedici təsirlərin seçilməsinin alqoritmlərinin mürəkkəbliyi və böyük həcmdə informasiyaların işlənməsi ilə müəyyən olunur.

Mürəkkəbliyin bu tərifinə struktur və funksional mürəkkəblik anlayışları da əlavə edilir.

Sistem yanaşması – mürəkkəb sistemlərin bütün baş xassələrini və onların qarşılıqlı əlaqələrini nəzərə alan, elmi cəhətdən əsaslandırılmış metoddur.

Sistem yanaşması özünün yüksək səviyyəli ümumiliyinə görə dialektikanın qarşılıqlı əlaqə və inkişaf, hissənin və tamın keyfiyyətcə fərqi, sistemlilik, inteqrativlik, formalizasiya və s. kimi vacib əsaslarına söykənir.

Sistem yanaşmasının əsasında iki mərhələ durur: makro və mikro öyrənmə. Birinci sistemin inteqrativ xarakteristikalarını öyrənməklə strukturun detallaşmasını istisna edir. İkinci isə sistemin mürəkkəbliyni öyrənir. Birinci halda əsas metodoloji prinsip "giriş – çıxış"dırsa, ikincidə sistemin elementləri arasında əlaqə, onların effektivliyi, stukturu və s.-nin öyrənilməsi tələb olunur.

Sistem yanaşmasının əsaslarına sistem analizinin metodoloji prinsipləri söykənir. Sistem yanaşması və sistemli analiz EES-in dinamik xassələrini öyrənmək məqsədilə əvvəllər V.V.Buşuyev [38] tərəfindən tətbiq edilmişdir.

İşdə əsasən EES-in böyük sistem kimi o tərəf və xassələrinə baxılır ki, EES-in inkişafı şəraitində rejim və dayanıqlığın dispetçer idarəçiliyini keyfiyyətcə qiymətləndirmək üçün onları ayırmaq imkanı olsun.

Sistemin əsasını onun xassələrini müəyyən edən struktur təşkil edir.

Sistemin strukturu onun elementlərinin və əlaqələrinin fəzada və zamana görə dayanıqlı nizamlı düzülüşüdür.

Fəzada struktur elementlərin altsistemə, altsistemin isə sistemə birləşməsindən ibarətdir.

Zamana görə struktur ekstensiv və intensiv ola bilər.

Ekstensiv strukturlarda elementlərin sayının artması baş verirsə, intensiv strukturlarda elementlərin say tərkibi sabit qalmaqla, əlaqələrin miqdarı və onların güclərinin artması baş verir.

Çox saylı generasiya və yük mərkəzləri (elementlər) elektrik verilişi xətləri (EVX) (əlaqələr) vasitəsilə sistemə (fəzada struktur) birləşirlər. Sistemlərarası əlaqələr EES-i daha mürəkkəb sistemin (Birləşmiş EES (BEES)) elementinə (altsisteminə) çevirir.

EES inkişaf etdikcə yeni generasiya və yük mərkəzləri (ekstensiv struktur), həmçinin düyün nöqtələrinin sayının dəyişməz halında EVX işə daxil edilir (intensiv struktur). EES-in xüsusiyyətləri ondan ibarətdir ki, əksər hallarda sistemin fəaliyyətinin zəruri şərti kimi, bir tərəfdən elementlərin sayı və əlaqələri eyni vaxtda inkişaf edir, digər tərəfdən isə, EES-in elementləri arasındakı funksional əlaqələr böyük əhəmiyyətə malikdir.

Strukturun xarakteristikalarını ümumiləşmiş iki qrup formasında təsvir etmək olar.

Birinci qrupa sistemin iyerarxikliyi ilə əlaqəli xarakteristikaları daxildir:

- səviyyələrin (altstemlərin) miqdarı;
- səviyyələr (altsistemlər) arasında əlaqələrin xarakteri;
- mərkəzləşmənin və qeyri-mərkəzləşmənin dərəcəsi;
- sistemin altsistemə parçalanma əlamətləri.

Yuxarıdakı xarakteristikalar qrupu bilavasitə sistemin mürəkkəbliyi ilə əlaqəlidir.

İknci qrupa sistemin fəaliyyətinin effektivliyi ilə əlaqəli xarakteristikalar aiddir:

- etibarlıq;
- dözümlülük;
- dayanıqlıq və dayanıqlıq qabiliyyəti;
- həssaslıq;

- reaktivlik (cəldlik);
- effektivlik;
- ekolojilik;
- buraxma qabiliyyəti;
- yeniləşmə qabiliyyəti.

EES-lər inkişaf edərək mürəkkəbləşdikcə bu xarakteristikalar biri-birinə daha sıx qarşılıqlı təsir etməyə başlayırlar və biri-brirndən qarşılıqlı asılı vəziyyətə gəlirlər. Bu isə EES-in inkişafı şəraitində rejim və dayanıqlığın idarəçilik məsələlərinin həllində sistem yanaşmasının tətbiqini əsaslandırır.

EES-i idarə etmək, onun vəziyyətinə nəzarət etmək üçün, yuxarıda sadalanan xarakteristikaların məzmununa kəmiyyətcə qiymətləndirmənin əlavə olunması zəruridir

Əvvəlcə birinci qrupun bəzi xarakteristikalarını nəzərdən keçirək.

Rabitəlilik xassəsi – sistemin əsas xassəsidir [34]. Rabitəlilik strukturlu (statik) və funksional (dinamik) ola bilər. Rabitəliyin yox olması sistemin yox olması deməkdir. Sistemin bu xassəsi ilə çoxsaylı birbaşa və dolayı göstəricilər əlaqəlidir.

Mürəkkəblik xassəsi – çox hallarda ES-in riyazi modelinin yüksək ölçüsü ilə əlaqələndirilir.

Nümünə üçün, əgər sistem dinamik olaraq aşağıdakı kimi, xətti diferensial bərabərliyin köməyi ilə təsvir olunursa

$$\dot{x} = Ax \qquad x(0) = c, \qquad (2.1)$$

burada:

A – kvadrat matrisa (nxn),

onda A matrisasının sıxlığına görə sistemin həm rabitəlilik dərəcəsini, həm də mürəkkəblik dərəcəsini təyin etmək olar.

Sistemin yüksək ölçüsü və mürəkkəblik göstəriciləri zəif korrelyativ ola bilər.

Sistemin ölçüləri yüksək ola bilər, eyni zamanda əgər, *A* matrisası diaqonal və ya seyrəkdirsə, onda o sadə strukturlu sistemi təsvir edir. Belə sistemlərin hərəkətlərini başa düşmək və əvvəlcədən müəyyən etmək çətin deyil.

EES-lərin pozisiyon təsvirində, generasiya mərkəzlərini birləşdirən əlaqə xətlərinin sayının çoxluğundan asılı olmayaraq, sistemin hərəkət dinamikasının öyrənilməsinə sadə strukturlu sistemlərdəki kimi yanaşılır. Real sistemlərdə isə təsirlənmə və sürət tənzimləyiciləri, digər idarəetmə vasitələri fəaliyyət göstərir ki, onlar da həmişə qarşılıqlı təsirə malikdirlər və sistemin həyacanlaşmış hərəkətini müəyyən edirlər. Ona görə də strukturun mürəkkəbliyi həm *A* matrisasının ölçüsilə, həm də qarşılıqlı təsirlərin xarakteri ilə əlaqəlidir.

Rabitəlilik və mürəkkəblik xassələri biri-birilə sıx əlaqəlidir.

Mürəkkəb strukturun xarakterindən asılı olaraq rabitəlilik dərəcəsi müxtəlif cür təyin oluna bilər. Belə ki, rabitəlilik dərəcəsinin kəmiyyətcə qiymətləndirilməsi

$$C = 2\sum_{i} m_i c_i \,/\, n(n-1) \;, \qquad (2.2)$$

kimi [38], təyin oluna bilər,

burada n – elementlərin sayı;

m – əlaqələrin sayı;

c_i – i-ci əlaqənin bərkliyi.

İfadə (2.2) n elementlərdən təşkil olunmuş sistemdə faktiki əlaqələrin sayının, maksimum mümükün əlaqələrin sayına nisbətini əks etdirir. Bu ifadə EES-in hesabat sxeminin n-zirvəsi və onlar arasında m-əlaqəsi olan çoxbucaqlı şəklində təsvir olunan halı üçün tətbiq olunur.

Maksimum hallarında – bu tam çoxbucaqlıdır. Çoxbucaqlıda əlaqələr, real EVX deyil, cəryan və gərginlik arasında funksional əlaqələri əks etdirən qarşılıqlı müqavimətlər və ya keçiriciliklərdir.

Sistemotexnikada mürəkkəblik və rabitəlilik problemlərinin əksər hissəsi topologiyanın (qraf nəzəriyyəsinin) köməyi ilə həll olunur [33].

Rabitəlilik sxemi bu halda aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$\alpha = \frac{R}{n-1} - 1 \quad , \qquad (2.3)$$

burada

R – verilən strukturdakı əlaqələrin sayı ilə qraf strukturu üçün minumum zəruri olan əlaqələrin, $R_{min} = n\text{-}1$, sayının fərqi ;

n – qrafın zirvələrinin sayı .

Mürəkkəblik dərəcəsi isə

$$\rho = \frac{1}{m_1 m_2} \sum_{i=1}^{m_1} \sum_{j=1}^{m_2} \rho_{ij} - 1, \qquad (2.4)$$

kimi təyin olunur,

burada

m_1 m_2 – "asılmış" və "tupik" zirvələrin sayı;

ρ_i – i-ci "asılmış" zirvədən j-cu "tupik" zirvəsinə aparan müxtəlif yolların sayı.

Onlarla və yüzlərlə düyün nöqtəsi və budağı olan EES üçün (2.1)÷(2.4) qiymətləndirilməsinin tətbiqinin mürəkkəbliyi aydındır.

EES-lərin rəqsli sistem kimi, vacib xüsusiyyətinə diqqət yetirmək zəruridir.

Əgər sistem *n* sinxron generatordan təşkil olunmuşdursa, onda kiçik təsirlərdən rəqsli proseslərdə rəqslərin *n* mürəkkəbəsi müşahidə olunur. Onlar (2.1) xəttiləşdirilmiş diferensial tənliyinin həlli ilə təyin olunur. *n* mürəkkəbədən biri – generatorların kənar düyün nöqtəsinə nisbətən sinfaz rəqsinə uyğun gələn əsas mürəkkəbədir. Digər mürəkkəbələr əks fazada yerləşir və sinxron generatorların rotorları arasında qarşılıqlı rəqsləri əks etdirir. Cəmlənmiş (konsertirasiyalaşmış) sistem üçün [29] ədəbiyyatda göstərilir ki, sinxron generatorların və onlar arasında əlaqələrin (yeni EVX) sayı artdıqca ümumi hərəkətdə əsas mürrəkəbənin payı artır.

Bu halda da mürəkkəblik dərəcəsi haqqında aşağıdakı göstəricinin köməyi ilə fikir yürütmək olar:

$$\rho = \frac{\Delta \Pi_1}{\sum_{i=2}^{n} \Delta \Pi_i} ,$$

burada :

$\Delta \Pi_1$ – əsas mürrəkəbənin rəqs amplitudası ;

$\Delta \Pi_i$ – digər mürrəkəbələrin rəqs amplitudası.

Onu da əlavə etmək lazımdır ki, $\Delta \Pi$ göstəricisi kimi aktiv güc rəqslərinin amplitudasından istifadə etmək olar, bu halda $\Delta\Pi_1$ – aşağıtezlikli mürrəkəbəyə, digər $\Delta\Pi_i$ -lər isə rəqslərin yüksəktezlikli mürrəkəbəsinə uyğundur.

Qeyd etmək lazımdır ki, oxşar xüsusiyyətlər mexaniki sistemlərdə də var, belə ki, elastik rabitənin artması ilə rəqslilik dərəcəsi azalır.

İyerarxiyalıq xassəsi EES-də funksional-texnoloji iyerarxiya olmasına baxmayaraq, daha çox idarəetmənin təşkili sisteminə aiddir: istehsal – ötürmə – paylanma – elektrik enerjisinin sərfi.

İdarəçilik sistemindəki iyerarxiya səviyyələrinin sayı idarə olunan obyektinin mürəkkəbliyini göstərir.

İdarəetmə baxımından sistemlər mərkəzləşmiş, qeyri mərkəzləşmiş və qarışıq idarəetmə sistemlərinə bölünürlər.

Mərkəzləşmiş sistemin müxtəlif elementlərinə daha yüksək səviyyənin ancaq bir elementi vasitəsilə tapşırıq verilir.

Qeyri mərkəzləşmiş sistemdə qərar müxtəlif elementlər tərəfindən müstəqil olaraq qəbul edilir və iyerarxiyanın daha yüksək səviyyədə yerləşən elementləri ilə korrektə edilmir.

Qarışıq idarəetmə sistemlərində bəzi funksiyalar mərkəzləşmiş, digərləri isə –mərkəzləşməmiş koordinasiya prinsipləri ilə idarə edilir.

[35]-da mərkəzləşmənin göstəricisi dərəcəsi kimi

$$\alpha = \sum_{i=1}^{N} \beta_i \alpha_i \, , \qquad (2.5)$$

ifadəsindən istifadə etmək təklif edilir.

burada:

α_i – i-ci idarə səviyyəsində həll olunan məsələlər;
β – bəzi çəki əmsalı;
N – idarəçilik səviyyəsinin sayı.

α_i-nin qiyməti i-ci səviyyədə həll olunan məsələlərin sayının aşağı i-1-ci səviyyəsində həll olunan məsələlərin sayına nisbəti kimi təyin edilir. α_i -nin yuxarı qiyməti idarə sisteminin mərkəzləşmə tərəfə meylliyini və mərkəzdə işlənilmiş məlumatların həcminin artmasını göstərir.

α_i-nin aşağı qiymətləri idarəetmənin qeyri-mərkəzləşmiş tərəfə meylliyini və yuxarı idarəçilik səviyyəsində işlənmiş məlumatların həcminin azalmasını göstərir.

İdarəçilik səviyyəsinin sayını təyin etmək üçün α -dan asılı olan inteqral göstəricisini (П) çıxarmaq zəruridir.

“Mərkəzləşmiş” (qeyri mərkəzləşmiş) anlayışı ilə “idarəolunma norması” anlayışı sıx bağlıdır. Dispetçer idarəçiliyində bu anlayış həll olunan məsələlərin həcmi və ağırlığı ilə əlaqədardır: onun ölçüsü, məsələlərin sayı. Sistemotexnikada isə idarəolunma anlayışı sistemin vəziyyətinin çoxluğu və idarəçilik təsirlərinin vəziyyətin tələb olunan istiqamətə dəyişmək qabiliyyəti ilə təyin edilir.

Bütövlülük xassəsi o deməkdir ki, mürəkkəb sistemin hərəkətinə təsadüfi göstəricilər yığımı kimi deyil, ümumsistem xassələrini tam şəkildə xarakterizə edən vahid funksional kimi baxılmalıdır.

Ikinci qrupun xarakteristikaları sistemin effektivliyini təyin edir. Texniki sistem kimi EES-in effektivliyi – yenə də göstəricilər kompleksidir: davamlılıq, dayanıqlıq, həssaslıq, etibarlıq, reaktivlik, buraxma qabiliyyəti, yeniləşmək qabiliyyəti. Bazar iqtisadiyyatı şəraitində bu göstəricilər, dəyər effektivliyi adlandırılan daha mürəkkəb göstəricilərlə əlaqələnirlər.

Və nəhayət, müasir şəraitdə xüsusən mexaniki sistemlər üçün, ekolojilik xassəsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Yuxarıda göstərilən bəzi effektivlik göstəricilərinin EES-lərə tətbiqinə aşağıda baxılmışdır.

Sistemotexnikada davamlılıq xassəsi sistemin böyük təsirlərə müqavimət göstərmək qabiliyyəti kimi izah edilir.

EES-də davamlılıq anlayışı daha konkret məna – istehlakçıların kütləvi açılması ilə qəzanın kaskadla inkişafına davam gətirmək qabiliyyəti mənasını daşıyır. EES-in bu xassəsi, o inkişaf etdikcə və digər EES-lərlə paralel iş rejiminə qoşularaq paralellik zonasını genişləndirdikcə özünü daha çox bürüzə verməyə başlamışdır.

EES-in davamlılığının kəmiyyət xarakteristikaları hazırda fəaliyyətdə olan EES-lərdə baş verən qəzalar və ağır

nəticələrə dair statistik məlumatlara əsaslanırlar. Təbii ki, belə yanaşma retrospektivə əsaslanır. Belə ki, davamlılıq [36]-də ƏQA və RM-in işinin uyğunsuzluğuna görə aşağıdakı nisbətlə təyin edilir:

$$Ж = n_1 / n_2 \qquad (2.6)$$

burada

n_1 – qəzanın kaskadla inkişafı zamanı düzgün işləmiş qurğuların sayı;

n_2 – qəzanın kaskadla inkişafını istisna etmək üçün düzgün işləmiş qurğuların sayı.

Lokal kaskadlı qəza zamanı da davamlılıq səviyyəsi yuxarıdakı nisbətlə təyin edilir,

burada

n_1 – qəzanın kaskadlı inkişafı zamanı xətlərin yükburaxma qabiliyyəti;

n_2 – qəzanın kaskadlı inkişafını istisna etmək üçün xətlərin zəruri yükburaxma qabiliyyəti.

[38] – də davamlılıq xassəsi aşağıdakı bərabərliklə təyin edilir:

$$Ж = 1 - E(0), \qquad (2.7)$$

burada $Eht(0) = Eht(01)\ Eht(02/01)\ Eht(03/0201)$

$Eht(0)$ – sistemin tam dayanması ilə tələbatçıların kütləvi açılması ehtimalı;

$Eht(01)$ – təsadüfi hadisənin təsir formasında yaranma ehtimalı;

Eht(02/01) – bu təsirin yaranmasından dayanıqlığın pozulma ehtimalı;

Eh(03/0201) – qəzanın kaskadla inkişafı və sistemin balanslaşdırılmış hissələrə bölünməsi ehtimalı.

EES-in davamlılığının kəmiyyətcə qiymətləndirilməsi üzrə digər təkliflər qəza nəticəsində açılmış yükün miqdarı ilə [42] qəza ərazisindəki altsistemlərin sayı [43], EES-dəki buraxıla bilən təsirlərin qiymətləri, qəzaların kaskadla inkişafında mümkün hadisələrin sayı [44] və s. ilə əlaqələndirilirlər.

Təəssüf ki, davamlılığın qiymətləndirilməsi ilə bağlı çoxsaylı yanaşmaların olmasına baxmayaraq, qəzadan sonrakı keyfiyyətli analiz EES-in davamlılığının qiymətləndirilməsinin daha çox yayılmış üsuludur. Belə yanaşma EES-in dinamik inkişafı şəraitində davamlılığa nəzarət etməyə və qiymətləndirməyə imkan vermir.

Dayanıqlıq – dinamik sistemin əsas və vacib xassəsidir, onun itməsidən sistem öz funksiyalarını itirir və fəaliyyətini dayandırır. O, sistemin həyəcanlanmadan sonra ilkin və ya ona yaxın vəziyyətə qayıtması qabiliyyətini xarakterizə edir.

Dayanıqlıq qabiliyyəti – müəyyən vaxt ərzində dinamik obyektlərin zəruri iş xassələrini saxlaması qabiliyyətidir. EES-də bu – rejimin etibarlığının əsas şərtidir və [38] -da funksionalın ehtimalı kimi təyin edilir:

$$H = 1- Eht\ (02/01) = Eht\ (V>0)$$

Bu göstərici (dayanıqlıq ehtiyatının hər elementi üzrə qiymətləndirilməsi ilə yanaşı) dayanıqlıq ehtiyatı məfhumu ilə korrelyativdır və ümumsistem qiymətləndirməsidir. O aşağıdakı şərtləri təmin etməlidir:

- sistemin ayrı-ayrı elementlərinin deyil, bütövlükdə dayanıqlıq ehtiyatının xarakterizə edilməsi;

- həm qeyri-periodik, həm də rəqsli statik dayanıqlıq ehtiyatının təyin edilməsi;
- həmçinin sistemin işinin keyfiyyət tərəflərinin xarakterizə edilməsi (dempferlənmək – rəqsləri zəiflətmək);
- qiymətləndirmənin operativliyinin təmin edilməsi;
- aydın fiziki şərhə malik olması.

Həssaslıq, sistemin, onu təşkil edən elementlərin tərkibinin, elementlərin xassələrinin və onlar arasındakı əlaqələrin dəyişməsindən, özünü aparmasının dəyişmə dərəcəsini müəyyən edir. Həssaslıq həm də sistemin idarəedici təsirlərə reaksiyasını xarakterizə edir. Həssaslıq nəzəriyyəsi aparatı – sistemin idarəçilik, rabitəlilik və s. kimi digər xassələrinin kəmiyyətcə qiymətləndirilməsinə imkan verir.

Sürətlilik (reaktivlik) – mürəkkəb sistemlərdə proseslərin yüksək sürəti, eləcə də sistemin təsirlərə operativ reaksiya vermək qabiliyyətidir. Məlum olduğu kimi, EES-dəki müxtəlif təsirlərin yaratdığı keçid prosesləri müxtəlif sürətlərlə baş verir. Daha sürətli elektromaqnit (saniyənin yüzdə biri), elektromexaniki (saniyənin onda biri) və mexaniki (saniyə və dəqiqələr) proseslərdir. Əksər hallarda onlar müstəqil yaranmırlar, ancaq bir haldan digərinə keçirlər. Proseslərin müxtəlif mərhələlərində onların idarə edilməsi yüksək sürət və dəqiqlik tələb edir. Bunlar qəza avtomatikası, tənzimləmə vasitələri, optimal yaradılmış iyerarxik dispetçer idarəetmə sistemi və məlumatın və idarəçilik təsirlərinin sürətli ötürülmə sistemləri ilə təmin edilirlər.

Sistemin yuxarıda göstərilən xassələrinə yeni şəraitdə daha iki əsas göstəricini də əlavə etmək lazımdır: kəmiyyət effektivliyi və ekolojilik.

Birinci halda rejimin məlum optimal idarə edilməsi məsələsinə EES-in fəaliyyətində bazar iqtisadiyyatını şərtləndirən yeni iqtisadi idarəetmə prinsipləri əlavə edilir.

İkinci göstərici də idarəçiliklə əlaqəlidir, belə ki, sistemdə ekoloji xarakteristikaları müxtəlif olan elelktrik stansiyaları fəaliyyət göstərir.

Dispetçer idarəçiliyinin əsas məsələsi, sistemin rejimlərinin idarəolunma prosesində onun yuxarıda sadalanan xassələrinin bəzi normativ göstəricilərinin birbaşa və ya dolayısı təmin olunmasından ibarətdir.

Beləliklə,

Sistem analizinin metodologiyasına söykənərək, EES böyük sistem kimi, onun rejimlərinin etibarlığını təyin edən əhəmiyyətli xassələri seçilmiş və onların bütün kompleksi iki qrup şəkilində təqdim edilmişdir.

Birinci qrupda iyerarxiklik, məkəzləşmə, qeyri mərkəzləşmıə, bütövlük, rabitəlilik və idarəçilik xassələri təqdim edilmişdir.

İkinci qrupda dözümlülük, dayanıqlıq, həssaslıq, etibarlıq, dəyər effektivliyi, reaktivlik və ekolojilik xassələri öz əksini tapmışdır. Axırıncı xassələr qrupu sistemin effektivliyi anlayışı altında birləşir.

2.2. Dispetçer iyerarxik idarəçiliyi sistemi səviyələrinin təyin olunması (mərkəzləşmə – qeyri mərkəzləşmə və bütövlülük xassəsi)

EES rejim etibarlığının və idarə olunan obyektin özünün mürəkkəb idarəçilik strukturuna malik olması və həll olunan məsələlərin böyük həcmi dispetçer idarəçiliyi sisteminin iyerarxikliyini zəruri edir. Bu zman hər bir iyerarxiya səviyyəsində aşağıda göstərilən məlumat-

texnoloji sistemlərin fəaliyyəti və qarşılıqlı münasibətləri təmin edilir [46÷50]:

- rejimin idarə edilməsi və operativ nəzarət sistemi;
- rejimin operativ analizi və planlaşdırılması sistemi;
- rejimin uzunmüddətli və qısamüddətli planlaşdırılması sistemi;
- elektrik enerjisi sərfinə nəzarət və uçot sistemi (ESANUS);
- avtomatik idarəetmə sistemi.

Rejimin operativ nəzarət və idarəçilik sisteminin funksiyalarına daxildir:

- cari rejimin parametrləri və kommutasiya avadanlıqlarının vəziyyətinə dair məlumatların yığılması, işlənməsi, həqiqiliyinin yoxlanması (yəqinləşdirilməsi) və ötürülməsi;
- arxivlərin formalaşdırılması;
- real vaxtın məlumat bazasının formalaşdırılması;
- məlumat dispetçer məsələlərinin həyata keçirilməsi – işçi gücə nəzarət, qrafiklərə nəzarət, tezliyə nəzarət, gərginliyə nəzarət, operativ güc balansı, güc ehtiyatlarının hesabatı və bölüşdürülməsi, avadanlıqların vəziyyəti və s.;
- teleinfomasiya (ТИ) verilənlərinə əsasən real vaxt rejimində sistemin vəziyyətinin qiymətləndirilməsi, müxtəlif “müşahidəçililk” şəraitində (səviyyəsində) elastik yəqinləşdirmə (hesabata qədər) alqoritmlərinin həyata keçirilməsi, şəbəkənin vəziyyəti və digər verilənlərin qiymətləndirilməsi;
- dispetçer lövhəsində və heyətin iş yerlərində məlumatın əks etdirilməsi;
- sənədləşdirmə və operativ dispetçer jurnalının aparılması;
- təmir sifarişlərinin qəbulu və işlənməsi;
- avadanlıqların vəziyyətinə nəzarət edilməsi.

Rejimin operativ analizi və planlaşdırılması sisteminə daxildir:

- zədələnmə yerinin təyini və qəza-bərpa işlərinin təşkili;
- qəza şəraitinin analizi və qəzadan sonrakı rejimin normalaşdırılması planının formalaşdırılması (dispetçerin məsləhətçisi);
- ehtimal olunan qəza şəraitlərinin analizi və onların mümkünlüyünün qiymətləndirilməsi, o cümlədən HX və transformatorların elementlərinin termik kriteriyaları üzrə;
- operativ və qəza-təmir sifarişlərinə icazə verilməsi mümkünlüyünün yoxlanılması;
- avadalıqların təmirə çıxarılmasının idarə edilməsi;
- gərginlik və reaktiv güc üzrə rejimlərin optimallaşdırılması və operativ korreksiyası;
- aktiv gücə görə rejimin optimallaşdırılması;
- istehlakçıların məhdudiyyəti və açılmalarının optimal qrafiklərinin formalaşdırılması;
- sərfiyyatın sutkadaxili proqnozu;
- statik və dinamik dayanıqlığın hesabatı, HX və kəsimlər üzrə axın hədlərinin təyini;
- HX avadanlıqları, transformatorlar, generatorlar, reaktorlar və şin sistemlərinin müxtəlif növ zədələnmələrinin modelləşdirilməsi əsasında enerjisistemin etibarlığının kompleks qiymətləndirilməsi;
- faktiki verilənlərə və itkilərin ödənilməsi üçün keçirilən maliyyə hesabatlarının nəticələrinə görə, elektrik enerjisinin ötürülməsi zamanı yol verilən itkilərin hesabatı və analizi;
- operativ və dispetçer heyətinin iş yerlərində qəza məşqləri sisteminin təşkili, onların öyrədilməsi,

verilən kriteriyalar əsasında dispetçerin fəaliyyətinin qiymətləndirilməsi.

Rejimin uzunmüddətli və qısamüddətli planlaşdırılması sisteminin funksiyalarına daxidir:

- qəza avtomatikası qurğularının qoyuluş qiymətlərinin sazlanmasının koordinasiyası;
- RMA qurğularının qoyuluş qiymətlərinin, qısaqapanma cərəyanlarının və natamam fazalı rejimlərinin hesabatı;
- qərarlaşmış rejimlərin hesabatı və analizi;
- şəbəkə itkilərini nəzərə almaqla sərfiyyatın proqnozu;
- aktiv güc balansı, elektrik enerjisi balansı, gözlənilən generasiya və güc sərfi qrafikləri üzrə rejimlərin planlaşdırılması;
- SES rejimlərinin planlaşdırılması;
- gərginlik və reaktiv güc üzrə rejimlərin planlaşdırılması, şəbəkədəki elektrik enerjisi itkilərinin hesabatı və optimallaşdırılması;
- əsas avadanlıqların təmirlər qrafiklərinin planlaşdırılması;
- avadanlıqların texniki vəziyyətinin analizi (qəza halı törədən göstəricilərin formalaşdırılması, modernləşdirilm və texniki yenidənqurma məqsədilə).

ESANUS sisteminin funksiyalarına aşağıdakılar daxildir:

- sərhəd yarımstansiyalarında elektrik enerjisi və gücün texniki və kommersiya uçotu məlumatlarının yığılması, məlumatın yuxarı idarəçilik səviyyəsinə ötürülməsi;
- enerji balansının iyerarxiya üzrə nəzarəti və uçotu;
- istehlakçılar tərəfindən müqavilə öhdəliklərinə riayət olunmasına nəzarət;

- gündəlik güc qrafiklərinin analizi və nəzarəti, elektrik enerjisinin qovşaqlar və iyerarxiya üzrə qəbulu və verilməsi.

Avtomatik idarəetmə sistemi operativ idarəetmə sistemi ilə vahid məlumat mühitində fəaliyyət göstərir və tərkibinə aşağıdakılar daxildir:

- tezliyin və aktiv gücün tənzimlənmə avtomatikası sistemi (TGTA);
- gərginliyin və reaktiv gücün tənzimlənmə sistemi (GAT);
- rele mühafizəsi və avtomatika sistemi (RMA);
- əks-qəza avtomatikası sistemi (ƏQA).

Texnoloji idarəçiliyin vahid inkişaf edən iyerarxik sisteminin yaradılmasının əsasları aşağıdakılardır:

- vahid məlumat sahəsinin yaradılması;
- vahid miqyaslandırılan, açıq arxitekturanın yaradılması;
- vahid məlumat texnologiyalarından istifadə edilməsi;
- vahid standart interfeyslər sistemindən istifadə edilməsi.

Bu sistemin əsas keyfiyyət kriteriyaları bunlardır:

- məlumatlılıq (məlumat effektliyi) – əsas komponenti sistemin reaksiya vaxtıdır (reaktivlik);
- operativ-dispetçer heyətinə cari rejim haqqında məlumatların təqdim edilmə texnologiyasının effektivliyi;
- sistemin məlumat etibarlığı və davamlığı;

Sistemin reaksiya xarakteristikalarına iki aspektdə baxılmalıdır:

- məlumat traktının reaksiyası və ya cari rejim haqqındakı məlumatın istifadəçiyə çatdırılmasının gecikmə vaxtı;
- müəyyən verilənlər toplusundan istifadəyə görə sorğunun yerinə yetirilməsinin gecikməsi ilə

əlaqədar olan, adam-maşın interfeysinin (AMİ) reaksiyası.

İdarəetmə obyektinin iyerarxik texnoloji strukturunu nəzərə almaqla, bir Mərkəzi Dispetçer Məntəqəsi olan (MDM) birsəviyyəli operativ-texnoloji idarəetmə sistemi yuxarıda adları çəkilən məsələləri effektiv həll edə bilməz. Belə idarəçilik sistemi üçün böyük ifrat yüklənmə və böyük məlumat axını və aşağı etibarlılıq xarakterikdir. Birsəviyyəli MDM-lərdə itkilər, həm də imtinalar, qeyri-kafi cəldtəsirlilik, az əməyə və sistemin istismarına daha yüksək sərflər nəticəsində yarana bilər. Belə dəlillər, qeyri-mərkəzləşmə xassəsi xarakterik olan çoxsəviyyəli iyerarxiya sisteminin vacibliyini əsaslandırmaq üçün kifayətdir.

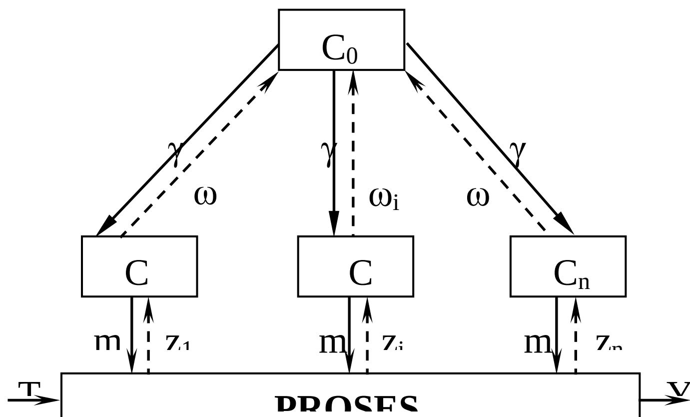
Effektiv iyerarxik idarəçilik sisteminin yaradılması məsələsi iyerarxiya pillələri sayının, onun yaradılma sxeminin, müxtəlif pillələr üzrə məsələlərin optimal bölünməsinin təyin edilməsindən, lazım olan cəldtəsirliliyi və etibarlığı təmin edən vasitələrin seçilməsindən ibarətdir.

Bunlarla belə iyerarxik sistemin bütövlük xassəsi olmalıdır. Bu məqsədə çatmaq üçün aşağıdakılar zəruridir:

- struktur elementlərinin səlahiyyətini təyin etmək;
- bütövlük dərəcəsini müəyyənləşdirmək;
- iyerarxik strukturun hər bir elementindən istifadə əmsalını təyin etmək;
- bəzi elementlərin və bütövlükdə sistemin faydalı iş əmsalını təyin etmək.

Məsələ, effektiv sxemin yaradılmasından ibarətdir.

Əvvəlcə, aşağı səviyyəsində *n* idarəçilik altsistemi və bir ali idarəçilik sistemi olan iki səviyyəli operativ – texnoloji idarəçilik sistemini nəzərdən keçirək.(şək.2.1.) [30]



Şəkil 2.1. 2 səviyyəli operativ-texnoloji idarəçilik sistemi.

İdarəedilən sistem – *P* prosesidir. Ona iki növ siqnal gəlir: $m_1 \ldots m_i \ldots m_n$ idarəçilik siqnalları və xarici təsirlənmə siqnalları. *P* prosesinin çıxışı *Y* siqnalı ilə təmsil edilir. Beləliklə, idarəçilik təsirli məlum "giriş-çıxış" sxemi həyata keçirilir.

C_i aşağı səviyyəsinin hər bir sistemi C_0 yuxarı səviyyəsindən γ koordinasiyaedici siqnallarını alaraq, m_i idarəedici siqnallarının köməyi ilə *P* prosesinə təsir edir.

$z_1 \ldots z_i \ldots z_n$ əks əlaqə siqnalları $m_1 \ldots m_i \ldots m_n$ idarəçilik təsirləri aldıqdan sonra *P* prosesinin vəziyyəti haqqında məlumat verir. Oxşar $\omega_1 \ldots \omega_i \ldots \omega_n$ əks əlaqələri, özlərində aşağı idarəçilik sistemlərinin hərəkətinə dair məlumatlar saxlayır.

Operativ-texnoloji idarəetmənin effektiv iyerarxik strukturunu qurmaq üçün, iyerarxik sistemin bütövlük kimi vacib xassəsinin kompleks qiymətləndirilməsinin köməkliyi ilə, mümkün olan məlumat sistemləri nəzəriyyəsinə baxaq.

Məlumat yanaşmasında aşağıdakılardan istifadə edilir [32]:

- J – eyni müstəqil elementlər;
- K – bir elementin bərabərehtimallı vəziyyətlərinin sayı;
- P_k – elementin K-cı vəziyyəti ehtimalı (1/K);
- H – elementin Şenona görə [51] entropiyası. Onun mahiyyəti H=logK sistemində əks etdirilir.

Onların köməyi ilə mürəkkəblik dərəcəsi təyin edilir [32]:

$$C = \log K^J = J \log K = -J \log P_k$$

Qeyri-bərabər ehtimal vəziyyətli elementlər olduqda

$$C = -J \sum_{k=1}^{K} P_k \log P_k = JH$$

Ümumi halda, müxtəlif elementlər tətbiq edildikdə

$$C = \sum_{i=1}^{J} H_i = \sum_{j=1}^{m} P_j \log P_j$$

Burada:

m – elementlərin bütöv olaraq vəziyyətlərinin sayı;

P_i – sistemin j-cu vəziyyəti ehtimalı.

Yuxarıdakı göstəricilərin ölçüləri bunlardır:

H |bit|, J |bit|, C |bit^2|,

Burada

$$1 \text{ bit} = log_2 2$$

Böyük sistemlərin məlumat nəzəriyyəsində C göstəricisi sistemin məzmunu adlandırılır. Eyni zamanda sistemin məzmunu C_C ilə yanaşı, xüsusi məzmun C_0 (bəzi elementlərin öz aralarındakı əlaqədən kənar aprior vəziyyətlərinin ehtimalları hasili), və sistem elementlərinin qarşılıqlı məzmunu C_{B3} də seçilir və aralarındakı münasibət aşağıdakı kimidir.

$$C_{B3} = C_C - C_0$$

Göstərilən məlumat aparatı iyerarxik strukturun yaratdığı bütövlüyün kəmiyyətcə qiymətləndirilməsinə imkan verir:

– bütövlük dərəcəsi

$$\alpha = -C_{B3}/C_0$$

– istifadə əmsalı

$$\beta = C_C/C_0 = 1 - \alpha$$

– faydalı iş əmsalı

$$\gamma = C/C_c$$

burada:

C = *log*k – sistemin mənası adlandırılır [32].

Operativ-texnoloji idarəçiliyin iyerarxik srtukturunda dayanıqlıq xassəsinin olması bu şərtlərlə müəyyən edilir:

$$C_{B3} \neq 0 \qquad \beta \neq 1 \qquad \alpha > 0$$

Yuxarıda göstərilən məlumat yanaşması Azərbaycan EES-in iyerarxik operativ-texnoloji idarəçilik sisteminin yaradılmasında istifadə olunması üçündür.

İyerarxiya səviyyələrinin sayı idərə olunan obyektin göstəriciləri ilə – texnoloji proseslərin səviyyələrinin sayı ilə təyin edilir.

Bunları və həm də paylayıcı elektrik şəbəkələrinin kompaniyaların idarəçiliyinə verildiyini nəzərə almarla, obyektiv olaraq iki səviyyəli operativ-texnoloji idarəetmə strukturu tövsiyə olunur.

Aşağı səviyyədəki elemntlərin sayı ilə fərqlənən, iyerarxik strukturun yaradılmasının iki variantı nəzərdən keçirirlir:

I variantda aşağı səviyyədə regional dispetçer mərkəzlərinin 5 elementi var – Bakı, Sumqayıt, Gəncə, Əli-Bayramlı, Naxçıvan.

II variantda aşağı səviyyədə həmin 5 element, həmçinin elektrik stansiyalarının qabaqcıl Az.DRES, Əli-Bayramlı DRES, Şimal DRES ilə birlikdə – seçilmiş 3 qrupu var.

Axırıncılar gələcəkdə restrukturizasiya prosesində üç generasiyaedici kompaniyaların yaranmasının mümkünlüyü ilə bağlıdır.

Beləliklə, I variantda aşağı səviyyədə 5, II variantda isə 8 element var.

Cədvəl 2.1 və 2.2-də müxtəlif növ idarəçilik strukturunun yaradılması sxemləri üçün tamlıq

göstəricilərinin hesabatlarının nəticələri verilmişdir. Onların analizi belədir:

- hər iki variantda birinci sxemin tamlıq xassəsi yoxdur;
- I variantda daha yüksək bütövlük dərəcəsi (α) olan II sxemə üstünlük verilməlidir;
- II variantda həmin səbəblərə görə üçüncü sxem (α) üstündür.

Məlumat sistemləri nəzəriyyəsində göstərilir ki, bütövlük olduqda daha az zehni əmək sərf olunan struktura üstünlük verilməlidir. Bu isə daha yüksək strukturlaşmada olur. İdarəçilik sistemi nə qədər çox strukturlaşarsa, o qədər az zehni əmək sərf olunar. Bunları nəzərə alaraq, son tövsiyələr belədir:

– I variant üzrə – 2-ci sxem;
– II variant üzrə də – 2-ci sxem.

Xarakterikdir ki, I variantın sxemindən II variantın sxeminə və əksinə keçmək çətin deyil.

Cədvəl 2.3-də idarəçilik səviyyələri arasında rejimlərin əsas idarəetmə məsələlərinin bölünməsi göstərilmişdir, EES-in inkişaf faktorunu və müxtəlif şəraitlərdə fəaliyyətini nəzərə almaqla, onların bəzilərinə işin aşağı bölmələrində baxılmışdır. Göründüyü kimi bəzi məsələlər, xüsusilə, EES-in statik və dinamik dayanıqlığı səviyyəsinin təyini və nəzarəti məsələləri, opertiv-texnoloji idarəçiliyin ancaq yuxarı səviyyəsində (milli DM) yerinə yetirilir,. Yuxarı səviyyə cədvəl 2.3-də göstərilən məsələlərə uyğun olaraq, aşağı səviyyələrə yoxlama rejim göstəriciləri, proqnoz verilənləri və s-ni. vermək funksiyalarına malikdir.

2-ci idarəçilik səviyyəsinin iyerarxik operativ-texnoloji idarəetmə sisteminin bütövlük göstəricilərinin hesabatı – 5 element.

Cədvəl 2.1

№	Sxemin variantları	C	C_C	C_0	C_{B3}	α	β	γ
1		2,33	4	4	0	0	1	0,583
2		2,33	3,524	4	-0,476	0,12	0,88	0,661
3		2,33	3,547	3,6	-0,053	0,015	0,985	0,657

2-ci idarəçilik səviyyəsinin iyerarxik operativ-texnoloji idarəetmə sisteminin bütövlük göstəricilərinin hesabatı – 8 element

Cədvəl 2.2

№	Sxemun variantları	C	C_C	C_0	C_{B3}	α	β	γ
1		3	7	7	0	0	1	0,429
2		3	5,75	5,8	-0,05	0,01	0,99	0,52
3		3	4,4	4,6	-0,2	0,043	0,96	0,68

Normal rejimlərin bir sıra əsas idarəçilik məsələlərinin sahə pillələri və səviyyələrin idarəçiliyinin vaxt səviyyələri arasında bölünməsi

Cədvəl 2.3

№	**Məsələ**	**Milli DM**	**RDM**
1	Sxem və iş rejiminə dair məlumatların yığılması və ilkin işlənməsi	X	X
2	Elektrik enerjisi və istilik sərfinin proqnozu	X	X
3	Elektrik və istilik yüklərinin proqnozu	X	X
4	Əsas avadanlıqların təmirlərinin planlaşdırılması	X	
5	Aktiv güc balansının tərtib edilməsi	X	
6	Elektrik enerjisi hasilatı və istilik buraxılışının planlaşdırılması	X	
7	Dayanıqlıq rejiminin hesabatı	X	X
8	Statik və dinamik dayanıqlıq rejimləri səviyyələrinin hesabatı və nəzarəti	X	
9	Elektrik rabitələri üzrə buraxıla bilən güc axınları hədlərinin təyini və nəzarəti (və ya axınların tənzimlənməsi)	X	
10	Operativ və qəza təmirləri sifarişləriniə icazənin mümkünlüyünün yoxlanması	X	
11	Kommutasiya avadanlıqların tərkibinin seçilməsi (və ya dəyişdirilməsi)	X	X
12	Aktiv gücə görə texniki-iqtisqdi kriteriyaların rejimlərinin təyini	X	X
13	Gərginlik və reaktiv gücə görə texniki-iqtisadi kriteriyaların rejimlərinin təyini	X	X
14	Texniki-iqtisadi göstəricilərin hesabatı və idarəçiliyi	X	X
15	Sistemin əsas strukturunun etibarlığının analizi	X	X
16	Elektrik şəbəkəsinin etibarlığının analizi	X	X
17	İstilik şəbəkəsinin etibarlığının analizi	X	X
18	Sistemin vəziyyəti və rejiminin operativ qiymətləndirilməsi və idarəedilməsi	X	
19	Tezliyin tənzimlənməsi	X	
20	Avtomatik idarəetmə sisteminin sazlanması (və ya korrektə edilməsi): RM, ƏQA, TGTA və s.	X	

Bütün iyerarxiya sisteminin fəaliyyətinin effektivliyi, vəzifəsinə koordinasiya funksiyası daxil olan yuxarı səviyyə tərəfindən təmin edilir. Bu vaxt koordinasiya həm yuxarı və aşağı səviyyələrin, həm də aşağı səviyyə elementlərinin qarşılıqlı münasibətlərinin effektivliyinin təmin edilməsi üçün həyata keçirilir. Bu, xüsusən idarəetmənin iqtisadi kriteriyaları sahəsində elementlərin maraqlarının uyğunsuzluğunun yarandığı bazar iqtisadiyyatı şəraitində vacibdir.

2.3. İyerarxik operativ-texnoloji idarəçilik sisteminin davamlılığının və reaktivliyinin təmin olunması

Bütöv qeyri mərkəzləşmiş iyrarxik idarəetmə sisteminin davamlı və reaktiv olması zəruridir.

Qərb dövlətləri enerji sistemlərinin texnoloji idarçilik sistemləri adətən yüksək reaktivliyin təmin olunmasına əsaslanmır. Bu onunla izah olunur ki, inkişaf etmiş əksər dövlətlərin EES-lərində "zəif en kəsik" anlayışı aktul deyil, kifayət qədər güc ehtiyatı mövcuddur və tənzimləmə sistemləri tamamlanmışdır və mükəmməldir.

Köhnə SSRİ və müasir Rusiyanın dispetçer məntəqələrində hazırki vaxtda sistemin hazırlanması və istismarının otuz illik təcbübəsinin tənqidi analizi göstərir ki, köhnə SSRİ dövlətlərinin də informasiya sistemlərinin reaktivliyinin yüksək parametrləri təmin olunmamaışdır.

1. Sistemin funksiyaları

Təyinatı

Avtomatlaşdırılmış operativ-texnoloji idarəçilik sistemi, hər səviyyəsində bu səviyyənin texnoloji idarəçiliyinin əsas funksiyalarının təmin edilməsi və daha

yüksək səviyyənin məlumat təminatının həyata keçirilməsi kimi vacib baza məsələləri həll edilən bölüşdürülmüş iyerarxik sistem kimi təşkil edilir.[52,53].

İdarəetmə funksiyaları zamana görə texnoloji proseslə əlaqə xarakterinə uyğun olaraq iki əsas qrupa bölünür:

- Bilavasitə texnoloji proses tempində həyata keçirilən funksiyalar: Şəbəkənin topologiyasına nəzarət; Rejimin operativ analizi və planlaşdırılması; Zədələnmə yerinin təyini; Avadanlıqların açılması üçün operativ sifarişlərin formalaşdırılması; Çevrilmələrin idarə edilməsi; Qəza-bərpa işlərinin yerinə yetirilməsinə nəzarət; Şəbəkədəki itkilərə operativ nəzarət.
- Bilavasitə texnoloji prosesin tempi liə əlaqədar olmayan funksiyalar:
- Rejimin analizi və planlaşdırılması - qısa müddətli və uzun müddətli; Şəbəkədəki itkilərin analizi və onların azaldılması üzrə tədbirlərin həyata keçirilməsi; Avadanlıqların təmirlərinin planlaşdırılması və yerinə yetirilməsi; Modernləşmənin və inkişafın planlaşdırılması və yerinə yetirilməsi; Avadanlıqların vəziyyətinin və rejimlərinin müxtəlif statik qiymətləndirilməsi.

Avtomatlaşdırılmış texnoloji idarəetmə sistemlərinin funksiyaları

Hər səviyyədə aşağıdakı məlumat-texnoloji sistemlərin fəaliyyəti və qarşılıqlı əlaqələri təmin edilməlidir:

- Rejimlərin operativ nəzarət və idarəetmə sistemi.
- Rejimlərin planlaşdırılma və operativ analizi sistemi.
- Rejimlərin uzunmüddətli və qısamüddətli planlaşdırılması sistemi.
- Elektrik enerjisi sərfinə nəzarət və qeydiyyat sistemi (ESANQS).

- Avtomatik idarəetmə sistemi.

Rejimlərin operativ nəzarət və idarəetmə sistemlərinə aşağıdakı funksiyaların yerinə yetirilməsi daxildir:

- Cari pejimin və kommutasiya avadanlıqlarının parametrlərinə dair məlumatların yığılması, işlənməsi, dəqiqləşdirilməsi və ötürülməsi.
- Arxivlərin formalaşdırılması.
- Real vaxtın məlumat bazasının formalaşdırılması.
- Məlumat dispetçer məsələlərinin realizasiyası – işçi gücə nəzarət, qrafikə nəzarət, tezliyə nəzarət, gərginliyə nəzarət, operativ güc balansı, güc ehtiyatlarının hesabatı və paylanması, avadanlıqların vəziyyəti və s.
- Real vaxtda sistemin vəziyyətinin, müxtəlif “müşahidəçilik” şəraitində elastik dəqiqləşdirmə alqoritmlərinin realizasiyası (hesabata qədər) ilə, Tİİ–nın məlumatları, şəbəkənin vəziyyəti və digər informasiyalara əsasən qiymətləndirilməsi.
- Məlumatın dispetçer lövhəsində və heyətin iş yerlərində əks etdirilməsi.
- Sənədləşdirmə, operativ dispetçer jurnalının aparılması.
- Təmir sifarişlərinin qəbulu və işlənməsi.
- Avadanlıqların vəziyyətinə nəzarət.

Rejimin operativ analizi və planlaşdirilması sistemi aşağıda göstərilən funksiyaları yerinə yetirir:

- Zədələnmə yerinin təyini və qəza-bərpa işlərinin təşkili.
- Qəza vəziyyətinin analizi və qəzadan sonraki rejimin normallaşdırılması planının formalaşdırılması (dispetçerin məsləhətçisi).

- HX və transformatorların mümkün qəza vəziyyətinin analizi və onların mümkünlüyünün qiymətləndirilməsi, o cümlədən elementlərin termik dayanıqlıq kriteriləri üzrə.
- Operativ və qəza təmir sifarişlərinə icazə verilməsi mümkünlüyünün yoxlanması.
- Avadanlıqların təmirə çıxarılmasının idarəedilməsi.
- Gərginlik və reaktiv gücə görə rejimlərin optimallaşdırılması və operativ korreksiyası.
- Aktiv güc üzrə rejimin optimallaşdırılması.
- İstehlakçıların məhdudlaşdırılması və açılmasının optimal qrafiklərinin formalaşdırılması.
- İstehlakın sutkadaxili proqnozu.
- HX və kəsimlər üzrə statik və dinamik dayanıqlığın hesabatı və buraxılabilən axınların təyini.
- HX avadanlıqlarının, transformatorların, generatorların, reaktorların və şin sistemlərinin müxtəlif növ zədələnmələrinin modelləşdirilməsi əsasında enerjisistemin etibarlığının kompleks qiymətləndirilməsi.
- Faktiki verilənlər və keçirilmiş maliyyə hesabatlarının yekun qiymətlərinə görə elektrik enerjisinin ötürülməsi zamanı yaranmış itkilərin ödənilməsinin hesabatı və analizi.
- Operativ və dispetçer heyətinin iş yerlərində qəza məşqləri sisteminin təşkili, onun öyrədilməsi, verilən kriteriyalar əsasında onun fəaliyyətinin qiymətləndirilməsi.

Rejimlərin uzunmüddətli və qısamüddətli planlaşdırma sistemlərinə aşağıdakı funksiyalar daxildir:

- Qəza avtomatikası qurğularının tənzimlənməsinin koordinasiyası.

- Qısa qapanma cərəyanlarının və natamam fazalar rejimlərinin, RMA qurğularının tənzimləmə verilənlərinin hesabatı.
- Dayanıqlıq rejiminin hesabatı və analizi.
- Şəbəkə itkilərini nəzərə almaqla istehlakın proqnozu.
- Aktiv güc balansı, elektrik enerjisi balansı, generasiya və istehlak gücünün mümkün qrafikləri üzrə rejimlərin planlaşdırılması.
- SES-in rejimlərinin planlaşdırılması.
- Gərginlik və reaktiv gücə görə rejimlərin planlaşdırılması, şəbəkələrdəki enerji itkisinin hesabatı və optimallaşdırılması.
- Əsas avadanlıqların təmirlərinin planlaşdırılması.
- Avadanlıqların texniki vəziyyətinin analizi (qəza halı məlumatlarının modernləşdirmə və texniki yeniləşdirilmə məqsədi ilə formalaşdırılması).

ESAUNS sisteminə aşağıdakı funksiyaların icrası şamil olunur:

- Qonşu yarımstansiyalarda elektrik enerjisi və gücün texniki və kommersiya qeydiyyatı məlumatlarının yığılması, məlumatın yuxarı idarəetmə səviyyəsinə ötürülməsi;
- İyerarxiya üzrə enerji balansının nəzarəti və qeydiyyatı;
- İstehlakçıların saziş öhdəliklərinin yerinə yetirməsinə nəzarət;
- Gücün, qovşaqlar və iyerarxiya üzrə elektrik enerjisinin qəbulu və ötürülməsinin sutkalıq qrafiklərinin nəzarəti və analizi;

Avtomatik idarəetmə sistemi operativ idarəetmə sistemlərilə vahid məlumat mühitində fəaliyyət göstərir və aşağıdakı sistemlərdən ibarətdir:

- Tezliyin və aktiv gücün avtomatik tənzimləmə sistemi (TGAT) ;
- Gərginliyin və reaktiv gücün tənzimləmə sistemi;
- Rele mühafizəsi və avtomatika sistemi (RMA);
- Qəza avtomatikası sistemi (QA).

2. Sistemin təşkili

İyerarxik idarəçilik sisteminin əsas keyfiyyət kriteriyaları

Vahid inkişaf edən avtomatlaşdırılmış texnoloji idarəetmə sistemlərinin yaradılmasının əsası aşağıdakılardır:
- vahid məlumat məkanının yaradılması;
- vahid miqyaslandırılmış, açıq arxitekturanın yaradılması;
- vahid məlumat texnologiyalarından istifadə edilməsi;
- vahid standart interfeyslər sistemindən istifadə edilməsi.

Elektroenergetikada avtomatlaşdırılmıç texnoloji idarəetmənin əsas keyfiyyət kriteriləri aşağıdakılardır:
- məlumatlılıq (məlumat effektivliyi) - əsas komponentləri bunlardır: sistemin reaksiya müddəti (reaktivlik), cari rejim haqqında operativ dispetçer heyətinə məlumat ötürmə texnalogiyasının effektivliyi;
- sistemin məlumat etibarlığı və davamlığı.

Sistemin reaktivliyinin xarakteristikalarına iki aspektdə baxilmalıdır:
- bütünlükdə məlumat traktının reaktivliyi və ya istifadəçiyə cari rejim haqqındakı məlumatın çatdirilmasının gecikməsi vaxtı;
- müəyyən məlumatlar yığımından istifadəyə görə sorğunun yerinə yetirilməsinin gecikməsi ilə əlaqədar, adam-maşın interfeysinin reaktivliyi (AMİ).

Ümumi halda məlumat traktına - məlumatın yığılması və ötürülməsinin çoxpilləli sistemləri, çoxsəviyyəli işlənmə və baxilan məntəqədəki əksetdirmə sistemləri daxildir. Məlumat traktının münasib reaksiya vaxtına uyğun olaraq onun bütün elementləri üçün tələblər hazırlanmalıdır, cümlədən:

- məlumatın yığılması və ötürülməsi sisteminə: verici-çeviricilər; telemexanika vasitələri, sıxlaşdırma alqoritmləri və üstünlüklər; rabitə kanalları və ötürülmə protokolları; çoxsəviyyəli işlənmə sisteminə: məsələlərin tərkibi; işlənmənin məlumat texnologiyası; məlumat bazasının təşkili.
- əksetdirmə sistemlərinə: texniki vasitələr; operativ lövhələrdə və iş yerlərində məlumatın təqdimat texnalogiyaları.

Energetikada qərb avtomatlaşdırılmış texnoloji idarəetmə sistemləri adətən yüksək reaktivliyə çatmağa yönəlmir. Bunu əksər inkişaf etmiş ölkələrin elektroenergetika sistemlərinin xüsusiyyəti ilə izah etmək olar: gərgin rejimlərin nadir hallarda yaranması, "zəif əlaqələrin" azlığı, xeyli ehtiyat gücün olması (o cümlədən sürətli ehtiyatın olması).

Keçmiş SSRİ-nin məlumat sistemi də, bir qayda olaraq, reaktivliyin yüksək parametrlərinin təmin edilməsinə yönəlməmişdi. Bu real vaxt sisteminin funksional artırılmasına olan çoxillik tendensiyanın olması və indiyə qədər hazırlanmış kriterilərin olmaması ilə əlaqədardır.

Şəkil 2.2-in illüstrasiyası üçün üçpilləli idarəçilik sistemində (milli, regional, obyekt), istifadəçiyə təqdim edilənə qədər məlumatın keçə bildiyi interfeysdə işlənmə nöqtələrinin miqdarı göstərilmişdir. Yuxarı səviyyə üçün belə nöqtələrin sayı (yenidən qəbul) 11-ə çata bilər. Nəticədə, 10 saniyəlik dövr üçün işlənmə proqramının ənənəvi olaraq istifadə edilən dövrü işə salınma intizamının

hesabına, məlunatın istifadəçiyə çatdırılmasının gecikməsi vaxtı 1 dəqiqə və ondan da çox ola bilər. Məlumatın rabitə kanalları ilə ötürülməsi vaxtının (ötürmənin sürəti və istifadə edilən ötürmə protokollarının növlərilə təyin edilir), məlumatın işlənməsi vaxtının və əməliyyat sistemlərilə soröuların işlənməsi vaxtının uçotu zamanı, məlumatın gecikməsinin real vaxtı bir neçə dəqiqəyə çata bilər ki, bu da Rusiya VES-in bir sıra məntəqələrində eksperiment yolu ilə təsdiq edilmişdir.

Aşağıdakı tədbirlərin yerinə yetirilməsi zamanı sistemin reaksiyasının əhəmiyyətli dərəcədə azalması mümkündür:

- məlumat traktının bütün səviyyələrində real vaxtda məlumatın yığılması və işlənməsi proqramının vəziyyətlə əlaqədar işə salınmasının təşkili;
- dəyişilmiş məlumatın birincilik (prioritet) əsasında ötürülməsi;
- onların ötürülməsi zamanı davamiyyətə görə qısaldılmış aşağı prioritetli məlumat bloklarının təşkili (əsasən rabitə kanalları ilə);
- hadisələrin tez tanınması və işlənməsini təmin edən sistemin proqram təminatı;
- arxaik (köhnəlmiş) telemexanikanın əvəz edilməsi;
- yüksəksürətli rabitə kanallarının təşkili.

Yüksəksürətli kanalların olmasına baxmayaraq, aşağı prioritetli uzun məlumat blokunun ötürülməsinin sona çatmasını gözləmək məcburiyyəti nəticəsində, təcili qısa məlumat paketinin ötürülməsi vaxtının əhəmiyyətli dərəcədə gecikməsi sistemin reaksiya müddətinin əsas minimallaşdırılma problemidir. Belə halda, cari məlumatın qısaldılmış uzunluğunun seçilməsi zəruriyyəti yaranır. Ancaq bu, paketin haşiyəsindəki elementlərin, standartda nəzərdə tutulmuş, zəruri uzunluğu nəticəsində rabitə kanalından istifadə effektivliyini azaldır.

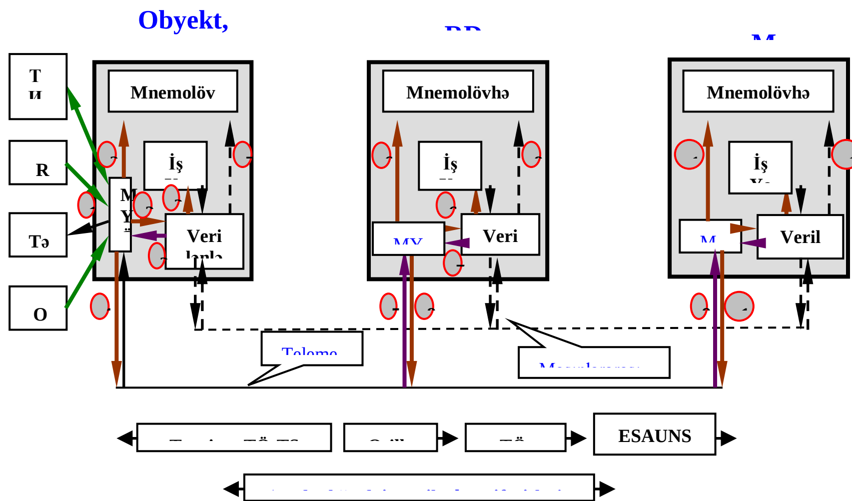
Bu problemi, hazırki dövrdə istifadədə olan , kanalların texnoloji istiqamətləndirmə prinsipi üzrə bölünməsindən (OMK, GTAT, QA) müxtəlif növ məlumatlar üçün qoyulmuş reaktivlik kriteriyası əsasında təşkilinə keçməklə, həll etmək olar. Xüsusən, cari rejimin hadisələrlə dolu məlumatlarını ancaq qısa göndərişlər üçün nəzərdə tutulmuş ötürmə traktlarında, məsələn GTAT traktında, ötürmək lazımdır.

Belə həllin aktuallığı, keçmiş SSRİ dövlətləri energetikasında beynəlxalq standartlara görə məlumatın ötürülməsi üçün, protokol paketlərindən istifadə edilməsinə başlanması ilə bəlli oldu [54].

Aşağıdakı cədvəldə məlumat traktının müxtəlif bölmələri üzrə sistemin reaksiya vaxtının əldə edilmiş real vaxt üzrə təxmini göstəriciləri verilmişdir (MDM səviyyəsi üçün).

Göstəricilər	Vaxt	İşlənmə pillələrinin miqdarı	Ümumi vaxt
"Bayrağın" gəlməsinə sistemin reaksiyası (hadisələrin işlənməsinə sifarişlər)	100 ms.	10-11	1 s.
Məlumatın yığılması	1 s.	3	3 s.
Məlumatın ötürülməsi	1 s.	2	2 s.
Məlumatın işlənməsi	2 s.	1	2 s.
Əks etdirməyə çıxarma	1 s.	1	1 s.
Yekun, reaksiya vaxtının cəmi	9 s.		

"Bayrağın" gəlməsinə sistemin reaksiyası (hadisələrin işlənməsinə sifarişlər) – şəkil 2.2-də göstərilmiş nöqtələrə uyğundur. Bu vaxt nəzərdə tutulur ki, bütün səviyyələrdə real vaxt məlumatlarının bütün işlənmə sistemləri "hadisəli" işlənmə prinsipinə, yəni, dəyişiklik olduqda işlənməyə görə qurulur. Obyektlərdə, RDM və MDM–də MYÖS funksiyalarına uyğundur.



Şəkil 2.2. Məlumat

1200-2400 bod sürəti ilə məlumat ötürülməsi sporatik (hərdənbir) intizama və “səliqəlilik” cəhətdən isə həm təcili, həm də fon ötürülməsi üçün paketin uzunluğunun seçilməsinə uyğundur.

Bəzi məlumatlar üçün iyeraraxiyanın aşağı səviyyələrindəki işlənmə vaxtlarında nəzərə alınmasının lazım olmasına baxmayaraq, məlumatın işlənməsi ancaq son səviyyədə (MDM səviyyəsində) işlənmə əməliyyatını nəzərdə tutur.

Əks etdirməyə çıxarma (istifadəçinin sorğusu ilə deyil) xidmət proqramın təşəbbüsü ilə çıxarılmanı nəzərdə tutur.

Sistemin arxitekturasına, real vaxt məsələlərinin təşkili və məlumatın ötürülməsinə olan “sərt” tələblər (və onların həyata keçirilməsinə nəzarət) olmadıqda reaksiyanın yekun vaxtı əhəmiyyətli dərəcədə arta bilər. Alınmış qiymətlərin azaldılması üzrə bir sıra imkanların nəzərdən keçirilməsi də istisna deyil.

Paralel olaraq iyerarxik idarəçilik sisteminin möhkəmliyinin təmin edilməsinin iki əsas istiqamətlərinə də baxmaq lazımdır:

- kanalların və məlumatın ötürülmə texnologiyasının, qəbuledici-ötürücü komplekslərin (MYÖS) etibarlığı ilə təmin edilən operativ məlumat traktı xəttinin (1-ci prioritet məsələsi) saxlanması;
- funksional texnoloji komplekslərin etibarlığı ilə təmin edilən verilmiş idarəetmə məntəqəsinin məlumat təminatı kompleksinin (2-ci prioritet məsələsi) saxlanması.

MYÖS-in və funksional texnoloji kompleksin etibarlığı və davamlığı: imtina etmiş avadanlığın isti ehtiyatlanması prinsipi əsasında qurulan təkrarlanmış texniki proqram kompleksləri sisteminin, tədrici məlumat və funksional tənəzzül sisteminin təşkili hesabına təmin edilir.

Arxitektura və sistem daxili əlaqə.

Avtomatlaşdırılmış texnoloji idarəetmə sisteminə istənilən iyerarxiya səviyyəsində göstərilən funkional yönlü fiziki (və ya məntiqi) qovşaqlar daxildir:

- məlumatın yığılması və ötürülməsinin mərkəzi sistemləri (MYÖS);
- verilənlər serveri (RVMB);
- real vaxtın məlumat və texnoloji əlavələr serveri (“on-line”);
- texnoloji əlavələr serveri (“off-line”);
- avtomatik idarəetmə məsələləri serveri;
- web-serverlər.

İsti ehtiyatlandırna prinsipi ilə qurulmuş texniki və proqram vasitələrinin ehtiyatlandırılan strukturu kompleksləşdirmənin əsasıdır. Bu həm lokal şəbəkələrə, həm də əlavələr serverlərinə aiddir.

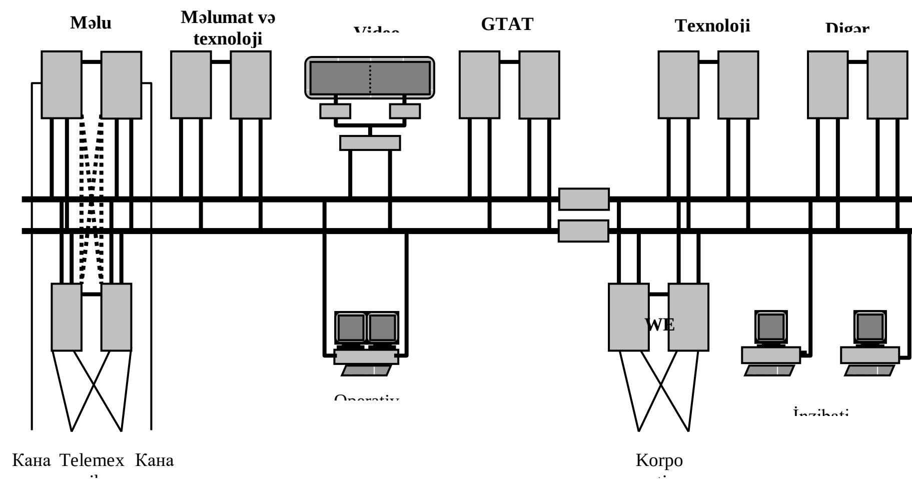
Lokal şəbəkə kimi ETHERNET (100 Mbit/s) istifadə olunmalıdır. MYÖS-in məlumat serverlərilə prioritet məlumat mübadiləsi; TCP/IP nəqliyyat səviyyəsi, tətbiq səviyyəsində МЭК 60870-5-101 ilə üst-üstə düşən, tövsiyə olunan МЭК 60870-5-104 protokolu təmin edilir [53,54].

MYÖS-in məlumat serverləri ilə əlaqəsi həm lokal şəbəkələr, həm də ardıcıl interfeys üzrə təmin edilir. Lokal şəbəkə üzrə mübadilə əsas olmalıdır, ЛВС-in sıradan çıxmasına görə belə mübadilə mümkün olmadıqda isə ardıcıl interfeys üzrə işləməyə keçmək lazımdır. Serverlərin statusu (əsas və ya təkrarlayıcı) serverlər tərəfindən verilir.

Ardıcıl interfeys PC-232/PC-222/PC-455 fiziki interfeysi əsasında həyata keçirilməlidir. Ardıcıl interfeysin sürəti 9600 bit/s-dən az olmayaraq, maksimum mümkün olan olmalıdır. МЭК-60870-5-101 protokolu tövsiyə olunur. Ehtiyatlanmış MYÖS və məlumat serverləri strukturunda “hərənin hərə ilə” prinsipi əsasında mübadilənin mümkünlüyü təmin olunmalıdır.

MYÖS-in mnemolövhə (əgər o varsa) ilə əlaqəsi lokal şəbəkə və /vəya ardıcıl asinxron interfeys vasitəsilə yerinə yetirilməlidir (axırıncı variantda – 9600-dən 115200 boda qədər sürət ilə).

MDM səviyyəsi üçün sistemin əsas vasitələrinin mümkün qarşılıqlı əlaqə variantları şəkil 2.3-də göstərilmişdir.



Şəkil 2.3. Sistemin təşkili variantı

2.4. Sinxronlaşdırıcı gücün köməyi ilə enerji sistemlərinin rabitəlilik dərəcəsinin qiymətləndirilməsi

Qərarlaşmış rejimin güc balansı şəkilində təqdim olunmuş bərabərliklər sisteminə baxaq:

$$\mathrm{P}_{\Gamma i} = \mathrm{P}_{\mathrm{H}i} + \sum_j \mathrm{P}_{ij}(U_i U_j \delta_i \delta_j) \qquad (2.8)$$

$$Q_{\Gamma i} = Q_{\mathrm{H}i} + \sum_j Q_{ij}(U_i U_j \delta_i \delta_j)$$

burada

i=1...n – düyün nöqtələrinin sayı ;

$\mathrm{P}_{\mathrm{H}i}, Q_{\mathrm{H}i}$ – i–ci düyün nöqtəsinin aktiv və reaktiv yükləri *;*

$\mathrm{P}_{\Gamma i}, Q_{\Gamma i}$ – i–ci düyün nöqtəsinin aktiv və reaktiv generasiya yükləri *;*

$Ui\ \delta i$ – i–ci düyün nöqtəsinin gərginliyinin modulu və fazası *;*

P_{ij}, Q_{ij} – i və j–ci düyün nöqtələri arasında budağın aktiv və reaktiv güc axını.

(2.8) güc balansı bərabərliyi üçün Yakobi matrisası (2.9) bərabəliyindəki şəkli alır.

$$J = \left[\begin{array}{cccc|cccc}
\frac{\partial P_1}{\partial \delta_1} & \frac{\partial P_1}{\partial \delta_2} & \cdots & \frac{\partial P_1}{\partial \delta_n} & \frac{\partial P_1}{\partial U_1} & \frac{\partial P_1}{\partial U_2} & \cdots & \frac{\partial P_1}{\partial U_n} \\
\frac{\partial P_2}{\partial \delta_1} & \frac{\partial P_2}{\partial \delta_2} & \cdots & \frac{\partial P_2}{\partial \delta_n} & \frac{\partial P_2}{\partial U_1} & \frac{\partial P_2}{\partial U_2} & \cdots & \frac{\partial P_2}{\partial U_n} \\
\cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\
\frac{\partial P_n}{\partial \delta_1} & \frac{\partial P_n}{\partial \delta_2} & \cdots & \frac{\partial P_n}{\partial \delta_n} & \frac{\partial P_n}{\partial U_1} & \frac{\partial P_n}{\partial U_2} & \cdots & \frac{\partial P_n}{\partial U_n} \\
\hline
\frac{\partial Q_1}{\partial \delta_1} & \frac{\partial Q_1}{\partial \delta_2} & \cdots & \frac{\partial Q_1}{\partial \delta_n} & \frac{\partial Q_1}{\partial U_1} & \frac{\partial Q_1}{\partial U_2} & \cdots & \frac{\partial Q_1}{\partial U_n} \\
\frac{\partial Q_2}{\partial \delta_1} & \frac{\partial Q_2}{\partial \delta_2} & \cdots & \frac{\partial Q_2}{\partial \delta_n} & \frac{\partial Q_2}{\partial U_1} & \frac{\partial Q_2}{\partial U_2} & \cdots & \frac{\partial Q_2}{\partial U_n} \\
\cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\
\frac{\partial Q_2}{\partial \delta_1} & \frac{\partial Q_2}{\partial \delta_2} & \cdots & \frac{\partial Q_2}{\partial \delta_n} & \frac{\partial Q_2}{\partial U_1} & \frac{\partial Q_2}{\partial U_2} & \cdots & \frac{\partial Q_2}{\partial U_n}
\end{array}\right] = \left[\begin{array}{c|c}
\frac{\partial P}{\partial \delta} & \frac{\partial P}{\partial U} \\
\hline
\frac{\partial Q}{\partial \delta} & \frac{\partial Q}{\partial U}
\end{array}\right] \qquad (2.9)$$

(2.9) Yakobı matrisasında bloklar şəkilində, gərginliklərin (modul və fazalarının) dəyişməsindən aktiv və reaktiv güclərin dəyişməsini ifadə edən, bütün elementlər təqdim olunmuşdur. Elementlərdən elektromexaniki vəziyyəti xarakterizə edən əhəmiyyətlisi sinxronlaşdırıcı güc adlandırılan [57, 67, 68, 69] , yuxarı sol blokdur $\frac{\partial P}{\partial \delta}$. Bu göstərici rabitəlilik dərəcəsini qiymətləndirən, zəif elementlərin həssaslığı kimi, sadə kriteriya ola bilər.

Sinxronlaşdırıcı güc, güc kimi, özündə aşağıdakı sistem parametrlərini inteqrasiya edir:

- sinxron generatorlar və düyün nöqtələrinin elektrik hərəkət qüvəsi (EHQ);

- sinxron generatorlar və düyün nöqtələri arasında qarşılıqlı əlaqələri, qarşılıqlı müqavimət (və ya keçiricilik şəkilində);
- sinxron genertor və düyün nöqtələri EHQ vektorları arasında qarşılıqlı bucaq.

Beləliklə, sinxronlaşdırıcı güc anlayışında elektriki və elektrotexniki rabitəliyin əlamətləri birləşirlər. Bir gərginlik pilləsinə gətirilmiş sinxron generatorların EHQ adətən eyni ölçülərə malikdir və biri – birindən çox fərqlənmir. Müxtəlif sinxron generatorların sinxronlaşdırıcı güclərinin arasında fərq, onların qarşılıqlı müqavimətlərinin qiymətləri və EHQ vektorları arasında bucaqla təyin olunur. Birinci sistemin strukturu, ikinci isə həm strukturu həm də rejimi ilə təyin olunur.

Əgər sistem *n* sinxron generatordan təşkil olunmuşdursa, belə mürəkkəb sistem üçün sinxronlaşdırıcı güc matrisası qurula bilər,

$$S = \begin{vmatrix} S_{11} & S_{12} \ldots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} \ldots & S_{2n} \\ S_{n1} & S_{n2} \ldots & S_{nn} \end{vmatrix}, \qquad (2.10)$$

hansı ki, müəyyən fiziki məna daşıyan, dioqanalda məxsusi, kənarlarda isə qarşılıqlı sinxronlaşdırıcı güclər yerləşmişdir.

Məxsusi sinxronlaşdırıcı güc $S_{ii}=\frac{\partial P_i}{\partial \delta_i}$, *i*- ci sinxron generatorun rotorunun vəziyyətinin kiçik dəyişməsindən, *i*- ci sinxron generatorun valına təsir edən momentin dəyişməsini göstərir.

Qarşılıqlı sinxronlaşdırıcı güc (*i* – ci sinxron generatorun) $S_{ij}=\frac{\partial P_i}{\partial \delta_j}$, *i*- ci sinxron generatorun rotorunun

vəziyyətinin kiçik dəyişməsindən, *j*- ci sinxron generatorun valına təsir edən momentin dəyişməsini göstərir.

Analitik olaraq, sinxronlaşdırıcı güc aktiv gücün bücağa görə ifadəsindən törəmə kimi təyin olunur, yəni,

$$S_{ij} = \frac{\partial P_i}{\partial \delta_{ij}} \approx \frac{\Delta P_i}{\Delta \delta_{ij}} \qquad (2.11)$$

Hesab olunur ki, $\Delta\delta$ –nin kiçik dəyişməsindən belə keçid düzgündür. Bu, kiçik təsirlərdən enerjisistemin dayanıqlığının qiymətləndirilməsində istifadə olunan, kiçik rəqslər nəzəriyyəsinə görə əsaslandırılır. Fiziki cəhətdən aydındır ki, əgər *i* – ci generatora əlavə ΔPi momentinin daxil edilməsi bu generatorun rotorunun kifayət qədər dönməsi ilə nəticələnirsə, onda bu generatorun bu cür təsirə yüksək həssaslığını göstərir və ENQ vektoru bucağının dayanıqlığı məhdudlaşdıran qiymətindən kənara çıxmasını göstərir.

Beləliklə, (2.10) matrisasın dioqonl elementlərinə görə zəif, yəni, vala kiçik təsirlər şəkilində təsir edən momentin dəyişməsinə daha həssas sinxron generatorlar haqında mühakimə etmək olar. Zəif sinxron generatorlara $[S_{ii}]$ matrisasının aşağı qiymətləri uyğun gələcəkdir. Anoloji mülahizələr qarşılıqlı sinxronlaşdırıcı güclərə də şamil olunur, belə ki, qarşılıqlı sinxronlaşdırıcı güc sinxron generatorlar arasında elektromexaniki əlaqələrin zəif və ya güclü olması haqında təsəvvür yaradır.

Metodiki olaraq (2.10) matrisasını verilmiş rejim və sxem üçün qurmaq olar, bunun üçün enerji sistemin generatorlarına ardıcıl olaraq ΔP artımları tətbiq edib bücaq artımlarını $\Delta\delta$ ölçmək tələb olunuur. Bu enerji sistemin rejim xidmətlərində istifadə olunan stasionar rejimlərin hesabatı proqramının köməyi ilə mümükün olur.

Sinxronlaşdırıcı gücü kriteriya kimi qəbul etmək üçün, ilk növbədə nəzəri sualların baxılması tələb olunur.

Sinxronlaşdırıcı güc anlayışı sonsuz güclü şini (SGŞ) olan sxemlər üçün kifayət qədər dəqiq interpretasiyaya malikdir. Eyni zamanda real enerjisistemlər həmişə SGŞ malik deyillər və sonlu (məhdud) gücü olan sistem kimi baxılır.

Sonlu gücü olan sistemlərdə hər hansı bir generatorda əlavə moment yarandıqda, sistemin tənzimləyici qurğuları ətalətli olduqlarına görə tezliyin dəyişməsinin baş verməsi nəticəsində güc və moment xarakteristikaları üst–üstə düşmür və nəticədə yük və sistemin generatorlarının güc effekti özünü biruzə verməyə başlayır. Belə halda sinxronlaşdırıcı güc aşağıdakı kimi təyin olunur,

$$S_i = \frac{\partial P_i}{\partial \delta_{ic}} \approx \frac{\Delta P_i}{\Delta \delta_{ic}} , \qquad (2.12)$$

burada

$\delta_{ic} = \delta_i - \delta_c$ – i–ci generatorun sürüşmə məkəzinə nisbətən bucağı;

δ_c – sürüşmə mərkəzinin vəziyyətini təyin edən bücaq.

δ_c - nin qiyməti

$$\delta_c = \sum_{i=1}^{n} \kappa\omega_i \delta_i , \qquad (2.13)$$

kimi təyin olunur,

burada $\kappa\omega_i$ - i – ci bucağa görə tənzimləmə efferktidir.

Belə halda ilk növbədə (2.13) bərabərliyinə görə sürüşmə mərkəzinin təyin olunması tələb olunur. Eyni zamanda δ_c hansı düyün nöqtəsinə ΔP təsirinin tətbiqindən asılı deyildir. Bu göstərici bütün sistem üçün xarakterikdir, konkret struktur üçün sabitdir və yalnız sistemin rejiminin dəyişməsindən dəyişə bilər.

Beləliklə sual doğulur: sonlu gücü olan sistemlərə baxılarkən (2.12) əvəzinə sinxronlaşdırıcı güc matrisasını sadələşmiş yanaşma ilə (2.11) bərabərliyinə görə təyin olunması nə dərəcədə əsaslandırılmışdır.

Sistemdə gedən proseslərin fizikası göstərir ki, sistem nə qədər güclüdürsə, onun tezliyə görə tənzimlənmə effekti də o qədər yüksəkdir və generatorların moment və güc xarakteristikaları biri - birindən bir o qədər az fərqlənmir. Buna görə də güclü sistemlərdə hədd rejimlərinin güc xarakteristikari ilə bərabər sinxronlaşdırıcı gücün qiyməti ilə də qiymətləndirmək olar. Bu baxımdan da sinxronlaşdırıcı güc sistemin zəif elementlərini qiymətləndirilməsi üçün tətbiq oluna bilər.

Əgər dayanıqlıq ehtiyatının təyin olunması məqsəd kimi qoyulmazsa, onda zəif elementlərin keyfiyyətcə qiymətləndirilməsi məqsədilə (2.11) bərabərliyinin tətbiqi tamamilə əsaslandırılır. O, həmçinin onunla izah olunur ki, rejimlərin hesabatında balanslaşdırıcı düyün nöqtəsi (və ya balanslaşdırıcı stansiya) təyin olunur. Bu adətən daha güclü, gərginliyi fiksə olunmuş, elekltrik stansiyası olaraq, hər hansı sinxron generatorların valında yaranan əlavə momentlər nəticəsində yaranan qeyri balansları özünə qəbul edir. Əgər sistem enerji birliklərinin tərkibində işləyirsə, onda daha çox ehtimal olunan SGŞ sistemlər arası əlaqənin qonşu sistem tərəfə son nöqtəsidir. Bu tezliyin dəyişməsinin nəzərə alınmasından imtina etməyə və momentin güclə əvəz olunmasına imkan verir.

Belə şəraitdə *i* – ci sinxron generatorun sinxronlaşdırıcı gücünü təyin etmək üçün 2 generator metodu [68] adlanan metotdan istifadə etmək olar.

Qəbul olunur ki, aktiv güc yalnız iki generatorda dəyişə bilər. Generatorlardan birinə elktromaqnit gücə ΔP kicik artımı tətbiq olunur və enerjisistemdə yaranan qeyri balans digər generatora aid edilir. *i* –ci generatorda gücünün qiyməti ΔP_i qədər qaxdıqda, digər generatorların *i* – ci generatora nisbətən bucağı dəyişməyə məruz qalır və onlar elə dəyişir ki, digər generatorların gücləri dəyişməz qalır. Bu yolla (2.11) bərabərliyi ilə *i* –ci sinxron generator üçün matrisanın sətiri $\frac{\partial P}{\partial \delta}$ təyin olunur. Sonlu gücü olan sistemdə hər hansı generatorda baş verən təsirlərdən balanslaşdırıcı düyün nöqtəsinin gərginlik vektorunun dəyişməsini nəzərə almaq vacibdir. Digər generatorlar üçün oxşar hesabatları təkrar etməklə qarşılıqlı sinxronlaşdırıcı gücə görə verilən konkret rejim və sxem (normal vəya qəzadan sonrakı) üçün tam matrisanı $\frac{\partial P}{\partial \delta}$ təyin etmək olar.

Məxsusi sinxronlaşdırıcı güc $\frac{\partial P_i}{\partial \delta_i}$ – bu rejimin baş rabitəlilik xaraktristiksı olaraq, i –ci sinxron generatorun rotorunun vəziyətinin kiçik dəyişməsindən onun valına təsir edən momentin dəyişməsini göstərir. Məxsusi sinxronlaşdırıcı gücün kiçik qiymətləri, təsirlərə güclü reaksiya verən (dayanıqlıq baxımından zəif olan element) generatorlar üçün xarakterikdir.

Qarşılıqlı sinxronlaşdırıcı güc $\frac{\partial P_i}{\partial \delta_i}$ sistemin generatorlarının rabitəlilik dərəcəsini göstərir. Onların kiçik

qiymətləri, i –ci generatorun, j –ci generatorda olan təsirlərdən, yüksək həssaslığını göstərir ki, o da onların rabitəlilik dərəcəsi ilə təyin olunur.

Belə metodika dispetçer idarələrinin istifadəsində olan enerjisistemin rejim və dayanıqlığının hesablanması proqramlarının köməyi ilə sadə yolla həyata keçirilır. Əsas şərt i – ci genoratora təsir edən elektromaqnit gücün ΔP kifayət qədər kiçik olmasıdır. Beləliklə, sadə yolla həm zəif generatorlar ($S_{ii\min}$), , həm də zəif elektromexaniki əlaqələr ($S_{ij\min}$) təyin oluna bilər.

Stasionar rejimlərin hesabatı proqramlarından istifadə etməklə anoloji yanaşma həmçinin Yakobi matrisası (2.9) bloklarının digər elelmentlərinin təyin olunmasına imkan verir. Axırıncı blokun elementləri $\frac{\partial Q}{\partial U}$ sonlu gücü olan sistem şəraitində daha əhəmiyyətlidir, belə ki, reaktiv gücün dəyişməsinin gərginlik rejiminə təsirini nəzrə almağa və beləliklə zəif düyün nöqtələrinin müəyyən olunmasına imkan verir.

Yuxarıda qeyd olumuş göstəricilərin əvəzinə onların tərs qiymətlərindən də istifadə etmək olar, şərti olaraq [69] – də dəyşmə surəti adlandırılır. Yüksək dəyişmə surəti daynıqlığın pozulma səbəblərini göstərir (hansı generator və ya uzel dyanıqlıq baxımından daha zəifdir). Məlum olduğu kimi, bütün generatorlar qeyri dayanıqlıq (statik dayanıqlıq) vəziyyətinə eyni vaxtda gəlirlər, lakin müxtəlif surətlərlə yaxınlaşırlar.

Yuxarida ifadə olunan əsaslar Azərbaycan enerjisisteminin müxtəlif inkişaf sxemləri və rejimləıri üçün tətbiq olunmuşdur [......].

FƏSİL III

GENERASİYA GÜCLƏRİNİN VƏ ŞƏBƏKƏ STRUKTURUNUN İNKİŞAFININ ENERJİSİSTEMİN REJİM ETİBARLIĞINA TƏSİRİ (Azərbaycan enerjisisteminin nümunəsində)

3.1. Enerjisistemlərin rejim idarəçiliyi kriteriyalarının analizi

EES-in inkişaf şəraitində rejim idarəçiliyi baxımından zəif yerlərin təyin olunması, onların yaranma səbəbərinin xarakteri və dinamikası məsələlərinin həllindən sonra, EES-in rejimlərinin etibarlılığı və idarəçiliyi (dayanıqlıq) məsələləri mühüm məsələ olraq qalır. Bu məslələrin həllni reallaşdırmaq üçün, inkişaf şəraitində fəaliyyət göstərən dispetçer idarələrinin tələblərinə cavab verən qiymətləndirici kriteriyaların işlənməsi zəruridir.

Dayanıqlıq qabiliyyəti – EES-in vahid xassəsidir. Bununla yanaşı nəzəri tədqiqatlarda, metodiki işləmələrdə və istismar praktikası və layihə işlərində dayanıqlıq məsələləri, həm kiçik təsirlərdən (statik – aperiodik və rəqsli dayanıqlıq), həm də böyük təsirlərdən (dinamik – sinxron və nəticə dayanıqlığı) araşdırılır.

EES-in dayanıqlıq məsələlərinin analizinin klassik metodu, sinxron maşınlarda, onların təsirlənmələrinin və surət tənzimləmə sistemlərində keçid proseslərini və güc balansını təsvir edən yüksək ölçülü qeyri xətti cəbri differensial bərabərliklərin həllinə əsaslanır.

Statik dayanıqlığın analizinin əsası kiçik rəqslər nəzəriyyəsinə əsaslanır [59].

Yuxarıda qeyd olunan bərabərliklər sistemini xəttiləşdirdikdən sonra və ya operator formasında determinant

$$det\ [A(p)]=0, \qquad (3.1)$$

və ya xarakteristik bərabərlik alınır ,

$$p^n + a_1 p_{n-1} + \ldots a_{n-1} p + a_n = 0 \qquad (3.2)$$

Əgər xarakteristik bərabərliyin bütün kökləri mənfi həqiqi hissələrə malikdirlirsə və köklərin özü kompleks müstəvinin xəyali oxundan sol tərəfdə (sol yarım müstəvidə) yerləşirləsə, onda sistem dayanıqlıdır. Heç olmasa bir həqiqi və ya kompleks köklər cütlüyü kompleks müstəvinin xəyali oxunun kəsərək sağ yarımmüstəviyə keçərsə sistem dayanıqsız vəziyyətə düşür. Əgər xarakteristik bərabərliyin köklərinin tərkibində bir ədəd də olsa müsbət hissəli kök yoxdursa, eyni zamanda sıfır həqiqi hissəsi olan, yəni və ya sıfır və ya tamam xəyali köklüdürsə, onda sistem dayanıqlıq sərhədində yerləşir.

Bu metodun tətbiqinin əsaslndırılması A.M. Lyapunov teoreması ilə isbat olunmuşdur [59,60].

Praktikada, dyanıqlığın qiymətləndirilməsi üçün, onun xarakteristik bərabərliyin əmsallarının xətasına hədsiz həssaslığını (xüsusən kompleks köklərin həqiqi hissələri) nəzəzrə alaraq, xarakteristik bərabərliyin həllini istisna etmək məqsədilə, cəbri (Raus və Qurviç metodu) və tezlik (Mixaylov və Naykvist kriteriyaları) metodları tətbiq edilir [61,62,63].

Cəbri kriteriyalar xarakteristik bərabliyin köklərinin operasiyası üzərində qurulub. Xarakteristik bərabərliyin ölçülərinin yüksək olması səbəbindən onların analitik üsulla təyin edilməsi çətinliklər yaradır. Bu məqsədlər üçün

istifadə olunan interpolyasiya metodunun [61] xətasının riyazi modelin ölçülərinin (n<10) artması ilə artığına görə, onun tətbiqi məhdudlaşır. Bununla bağlı mürəkkləb EES–in dyanıqlıq vəziyyətlərinin qiymətləndirilməsi üçün cəbri kriteriyaların tətbiqi geniş yayılmamışdır.

Tezlik kriteriyaları xarakteristik bərabərliyin mütləq alınmasını tələb etmir. Mixaylov kriteriyasına görə, ω -nın 0-dan $+\infty$ -a kimi dəyişərkən D($j\omega$) vektorunun sonu kompleks müstəvidə n adıcıl kvadrantı kəsərək (Mixaylov) qodoqrafı çəkirsə, sistem dayanıqlıdır. Əgər ardıcıllıq pozulursa sistem qeyri dayanıqlıdır.

Kvadratlardan keçmə ardıcıllığı $\Delta\omega$ - nın dəyişməsinin (addımının) kifayət qədər kiçik olmaması səbəbindən pozula bilər. Mürəkkəb sistemlərdə $\Delta\omega$ - nın addımının zəruri minumum qiymətinin sadə üsullarla təyin olunması mümkün olmaması, dayanıqlığın qiymətləndirilməsinin düzgünlüyünə şübhələrin yaranmasına gətirib çıxara bilər.

Naykvist kriteriyası Avtomatik idarəçilik sistemlərində geniş tətbiq olunur. Lakin praktikada mürəkkəb sistemlər üçün, onların qeyri qapalı sistemlərinin sağ köklərinin sayının müəyyən olunmasının zəruriliyini nəzərə alsaq, bu metodun tətbiqi çətinliklərlə qarşılaşır. Naykvist kriteriyası qapaqlı olmayan sistemlərin eksperiment üsulu ilə tezlik xarakteristikalarının alınması üçün əlverişlidir. Belə xarakteristikanın alınması sistemin və ya onun ayrı-ayrı hissələrinin yalnız dayanıqlı olması halında mümkündür.

Yuxarıda qeyd olunmuş çətinliklərdən əlavə, İstismar təcrübəsi baxımından, EES-də hər dəfə tam statik (rəqsli) dayanıqlığın baxılması zəruriyyəti yaranmır. Əksər hallarda, xüsusən rejimlərin idarəolunmasının operativ praktikasında, aperiodik statik dayanıqlığın yoxlanmasına baxılması tələb olunur.

Aperiodik dayanıqlıq müstəsna olaraq sistemin statik parametrləri ilə təyin olunur; sistemin dinamik parametrləri

xarakteristik bərabərliyin axırıncı mürəkkəbəsinə daxil olmur və aperiodik dayanıqlıqla heç bir əlaqəsi yoxdur.

Məlumdur ki, n –ölçülü polinomunun (3.2) kökləri aşağıadakı bərabərliyi ödəyir.

$$p_1 p_2 \dots p_n = (-1)^n a_n$$

Kompleks-əlaqəli köklərin hasili həmişə müsbət olduğuna görə, sıfır və müsbət köklərin olmaması halı üçün dayanıqlığın zəruru şərti $a_n / a_0 > 0$ kimi olur.

Bu aperiodik dayanıqlığın kriteriyasıdır.

Əgər xarakteristik bərabərliyin böyük və sərbəst üzvlərinin işarələri eynidirsə sistem statik dayanıqlıdır. Böyük əmsal sistemin dinamik parametrlərinin hasilini təsvir edir (təsirlənmənin və surət tənzimlənmə və s. konturlarının inersiya sabitlərini). Bu parametrlər sabitdir və öz işarələrini dəyişmirlər. Münasibətlərini işarəsinə, yalnız sərbəst üzvə a_n daxil olan statik parametrlər təsir edə bilər. Beləliklə, statik dayanıqlıq şərti xarakteristik polinomun axırıncı (sərbəst) üzvünün müsbət olması ilə təyin olunur.

Eyni zamanda istənilən dinamik sistem üçün, hansı ki, adi diferensial bərabərliklə təsvir olunur, Yakobian sabit vurğu dədiqliyinə kimi həmişə xarakteristik polinomun sərbəst üzvü ilə üst-üstə düşür. Ona görə də Yakobian aperiodok dayanıqlıq kriteriyası kimi isifadə oluna bilər.

Dinamik sistemin hərəkətinin bərabərliyini aşağıdakı kimi olmasını qəbul edək:

$$F_i\left(x_1 \dot{x}_1 \ddot{x}_1 \dots x_n \dot{x}_n \ddot{x}_n\right) = 0\,, \qquad (3.3)$$

burada

$x_1 \dots x_n$ - sistemin koordinatı və onların birinci və ikinci törəməsidir.

Əgər törəməni sıfıra bərabər qəbul etsək, onda stasionar rejimin bərabərliklər sistemini alırıq,

$$F_i\left(x_1 x_2 \ldots x_n\right) = 0 \qquad (3.4)$$
$$i = 1,2,\ldots,n,$$

burada

$x_1 x_2 \ldots x_n$ – koordinatın qərarlaşmış qiymətləridir.

Xarakteristik bərabərliyin eynilə sərbəst üzvünə bərabər olan Yakobian aşağıdakı şəkil alır

$$\mathbf{J} \equiv a_0 = \begin{vmatrix} \frac{\partial F_1}{\partial x_1} & \frac{\partial F_1}{\partial x_2} & \cdots & \frac{\partial F_1}{\partial x_n} \\ \frac{\partial F_n}{\partial x_1} & \frac{\partial F_n}{\partial x_2} & \cdots & \frac{\partial F_n}{\partial x_n} \end{vmatrix}$$

və onunla eyni vaxtda işarəsini dəyişir (sıfırdan keçərək). Belə nəticə yalnız, statika bərabərliyinin (3.4) dinamikanın bərabərliyindən (3.3) alınması halında mümkündür.

Əgər statika bərabərliyi dinamika bərabərliyindən asılı olmayaraq tapılıbsa, onda Yakobian və sərbəst üzv sabit vurğu qədər fərqlənirlər, yəni müxtəlif qiymətlərə malikdirlər, lakin sıfırdan eyni vaxtda keçirlər. Beləliklə, aperiodik dayanıqlıq şərti **J**=0 kimi təqdim olunur.

Bu kriteriya bir sıra üstünlüklərə malikdir:

1. Xarakteristik bərabərliyin və onun sərbəst üzvünün analitik ifadəsinin təyin olunmasını istisna edir. Çoxsaylı statik parametrli mürəkkəb sistemlərdə, tənzimləmə sistemlərinin parametrləri də daxil olmaqla, xarakteristik polinomun təyin olunması mürəkkəb məsələni təsvir edir, belə ki, qiymətləndirilən parametrlərin sayı və strukturu

dəyişdikdə hər dəfə polinoma müraciət etmək zəruriyyəti yaranır.

2. Yakobianda dəyişən variasiya olunan parametr qismində istənilən parametri qəbul etmək və onun dayanıqlığa təsirini tədqiq etmək olar.

3. Bu, öz növbəsində ağırlaşma trayektoriyasının təyin olunmasını çox variantlı rejim hesabatları ilə deyil, bu məsləyə Yakobiyanın tətbiqi ilə imkanlar yaranır. Sistemin aperiodik dayanıqlıq həddinə çıxartmağın yalnız bir imkanı var, bu sistemin parametrlərinin dəyişməsidir. Sərbəst hərəkətin bərabərliklərində bu kəmiyyətlər (surət və təsirlənmə tənzimləyicilərinin qoyuluş qiymətləri, yüklər, elektrik verilişi xətlərinin müqavimətləri, turbinlərin moment və gücləri və s.) sabit parametr kimi fəaliyyət göstərir. Müxtəlif ağırlaşma üsulları dedikdə, konkret parametrlərin dəyişməsini nəzərdə tutulur. Parametrlər çox olduğuna görə, ağırlaşma yolları da çoxdur. Ona görə də hədd rejimləri müxtəlif olurlar. Hədd rejimlərini müəyyən edən ağırlaşma yollarının və ya parametrlərinin seçilməsi, əlbətdə ilk növbədə təcrübə və rejimin aparılma praktikasına söykənir. Əgər hədd rejimini yaratmaq üçün bir və ya hətta bir neçə parametr məlumdursa, onda ağırlaşma üsulunun veriliən oldudğu hesab olunur. Qəbul edək ki, (3.4) bərabərliyiklər sistemində dəyişənlərin bir hissəsi sabitlər şəkilində təsvir olunmuşdur. Onda (3.4) aşağıdakı şəkil alır:

$$F(x_1 x_2 \ldots x_n; h_1, h_2, \ldots h_k) = 0, \qquad (3.5)$$

burada

$x_1 x_2 \ldots x_n$ – məlum olmayan dəyişənlər,

$h_1, h_2, \ldots h_k$ – parametrlər, hansı kı, onların köməyi ilə ağırlaşmanı aparmaq olar. ($n \neq k$).

Dayanıqlıq nəzəriyyəsinə görə, (3.5) mümkün həlləri, parametrlərin müxtəlif qiymətlərində çoxölçülü fazada hər hansı qapaqlı müstəvini əmələ gətirirlər.Qapalı müstəvi aperiodik dayanıqlığın sərhədini təsvir edir, müstəvinin səthində isə bütün hədd rejimləri yerləşir.

Bu halda həmçinin Yakobian da (3.5) bərabərliyi kimi eyni formada yazıla bilər, yəni,

$$j\left(x_1 x_2 \ldots x_n, h_1, h_2, \ldots h_k\right) = 0\,, \qquad (3.6)$$

və ya açılmış şəkildə

$$\mathrm{J} = \begin{vmatrix} \dfrac{\partial F_1}{\partial x_1} & \dfrac{\partial F_1}{\partial x_2} & \ldots & \dfrac{\partial F_1}{\partial x_n} \\ \dfrac{\partial F_n}{\partial x_1} & \dfrac{\partial F_n}{\partial x_2} & \ldots & \dfrac{\partial F_n}{\partial x_n} \end{vmatrix}$$

(3.6) - da Yakobianın tərkib hissələrini təşkil edən parametrlər xüsusi törəmələrə daxil olur.

(3.5) bərabərliyinin bütün mümkün həllərindən hər hansı ilkin rejimə uyğun gələn biri seçilir. Onda (3.5) –ün əvəzinə növbəti bərabərliyi alırıq:

$$F_i\left(x_{01} x_{02} \ldots x_{0n}, h_{01}, h_{02}, \ldots h_{0k}\right) = 0\,,$$

Ədəbiyyatda [63] sistemi ilkin vəziyyətdən hər hansı bir parametrin, məsələn h_l,köməyi ilə hədd vəziyyətinə gətirmək üçün aşağıdakı bərabərliyiklər sisteminin baxılması təklif olunur.

$$F_i\left(x_1 x_2 \ldots x_n, h_1; h_{02}, h_{03}, \ldots h_{0k}\right) = 0 \qquad (3.7)$$

$$j\left(x_1 x_2 \ldots x_n, h_1; h_{02}, h_{03}, \ldots h_{0k}\right) = 0$$

$$i = 1, 2, \ldots, n\,,$$

(3.7) bərabərlik sistemində yeni əlavə dəyişən keyfiyyətində h_l parametri çıxış edir.

Bərabərliklər sistemini (3.7) həll etməklə, hədd rejimi üçün bütün x_i –nin və h_l parametrinin qiymətlərini müəyyən etmək olar.

Əgər (3.7) bərabərliklər ssteminin həlli mövcud deyilsə, bu onu göstərir ki, h_l parametrinin dəyişməsi ilə hədd rejimini təyin etmək qeyri mümkündür. Yuxarıda təsvir olunana metodik yanaşma [63] ağırlaşdırma məsələlərinin çoxvariantlı həllinə imkan verir.

Belə ki, rejimin ağırlaşdırılması üçün variyasiya olunan parametr keyfiyyətində bir yox, bir neçə parametr iştirak edə bilər, hansı ki, bərabərliklərdə dəyişənlər sinfinə keçir.

Beləliklə, əgər ağırlaşdırma üsulu verilmişdirsə, onda aperiodik rejimə görə sərhəd rejiminin hesablanması, tədricən ağırlaşdırma aparmaqla dayanıqlıq şərtinin yoxlanması metodunda tətbiq olunan hesabatlar seriyasından imtina etməklə aparıla bilər. Bunun üçün sistemin stasionar hərəkətinin bərabərliyini və əlavə bərabərliyi Yakobian sıfıra bərabər olmaqla birlikdə həll etmək zəruridir.

4. (3.5) və (3.6) bərabərliklərinin köməyi ilə həmçinin, sərhəd rejimlərinin, sitemin müxtəlif parametrlərinin dəyişməsindən həssalıq göstəricisini tədqiq etmək olar.

5. Nəhayət, Yakobian mürəkkəb sistemlərin riyazi modellərinin daha geniş istifadəsi üçün imkanlar yaradır : sadə sistemdən (stansiya – sabit gərginlikli şin) tezliyin dəyişməsini, surət və təsirlənmə tənzimləyicilərinin çoxsaylı sistemlərdə nəzərə almaqla, eyni zamanda aperiodik dayanıqlıq kriteriyasının nisbətən sadə tətbiqi imkanının saxlanılması.

Bununla bağlı hesab olunur ki, Yakobianın aperiodik dayanıqlığın effektiv kriteriyası kimi, istifadə olunması mümkündür.

Aperiodik dayanıqlığın, xarakteristik bərabərliyinin sərbəst üzvünün müsbət olması şəkilində kriteriyasının ümümən qəbul olunmasına və onun Yakobinla (sərhəd rejimində Yakobianın sıfıra bərabər olması) əlaqəsinə baxmayaraq, o çatışmazlıqlıqlardan məhrum deyil. Çatışmazlıqların məğzi aşağıdakılardan ibarətdir.

1. Aperiodik dayanıqlığa görə gücün ötürülmə həddini təyin edərkən, ağırlaşdırıcı parametrin hər qiyməti üçün rejim hesabatı aparılır. Eyni zamanda balanslaşdırıcı düyün nöqtəsi verilir. Balanslaşdırıcı düyun nöqtəsi kimi, sistemdə nisbətən daha güclü elektrik stansiyası qəbul olunur. Bu artıq yük axımının real vəziyyətdən fərqli olmasına şərait yaradır, bundan əlavə stansiyanın generatorlarıının qoyuluş və ya imkan güclərinə məhdudiyyətlər verilir.

2. Yakobiana görə aperiodik dayanıqlığın pozulması kriteriyası onun işarəsinin birinci dəfə dəyişməsidir, yəni sıfirdan keçməsidir. Yakobianın işarəsinin dəyişməsinə görə kriyeriyanın tətbiqindən əldə olunan üstünlüklərlə yanaşı onun iki çatışmayan cəhəti mövcuddur. Əvvəlcədən dayanıqlı rejimdən hərəkət edərkən sistemin strukturu (düyün nöqtələri) dəyişə bilər. Bu halda Yakobianın işarəsi dəyişir, bu isə o deməkdir ki, sistem dayanıqlığını itirmişdir. Onagörə də kriteriyanın hissələrə bölünmüş halı üçün onun tətbiqi məqsədəuyğun deyil. İkinci çatışmazlıq ondan ibarətdir ki, strukturun dəyişməz halında, normal rejimdən qəzadan sonrakı hərkət edərkən Yakobian işarəsini çox sayda dəyişə bilər ki, o da dayanıqlığın qiymətləndirilməsində şübhələr yaradır.

Beləliklə təsdiq etmək olar ki, Yakobianın işarəsinin dəyişməsi kimi kriteriya yalnız stasionar rejimlərin dayanıqlığının yoxlanması üçün efektlidir.

Yuxarıda təqdim olunan məlum kriteriyalar mürəkkəbdir, belə ki, yüksək ölçülərlə və operativliyin itirilməsi ilə razılaşmaq lazım gəlir, dayanıqlıq ehtiyatını və idarəçilik təsirlərinin təyin etmədən, yalnız dayanıqlığa "hə" və ya "yox" cavabın verir.

Praktikada rejim hesabatlarının aparılma prosesinin dağılan olmasını aperiodik dayanıqlığın yoxlanma kriteriyası kimi geniş tətbiq olunur [64,65,66]. Belə kriteriya diferensial eniş [67] və Nyuton metodlarına [68] tətbiq olunmaqla işlənmişdir. Nyuton metodunun yığılmasına aşağıdakılar təsir edir:

1. İlkin yaxınlaşmanın verilməsi.
2. İlkin verilənlərin verilmə üsulu.
3. Qərarlaşmış rejimin bərabərliyinin yazılma forması.
4. Dəyişənlərin kordinat sistemi.

Ədəbiyyatda [69,70] bərabərliklərin güc balansı şəkilində və düzbücaqlı kordinat sistemində istifadə olunmalarının məqsədəuyğunluğu isbat olunur.

Hesablama prosesinin yığılma sərhədinin və aperiodik dayanıqlığının sahəsinin üst –üstə düşməsini təmin etmək üçün bir sıra şərtlərin yerinə yetirilməsinin təmin etmək zəruridir. O cümlədən, yuxarıda qeyd olunanlar gözlənilən qiymətləndirmələrin dəqiqliyini təmin edir. Əks təqdirdə xətt və en kəsiklərin alınmış hədd yük buraxma qabiliyyətlərinin qiymətinə şübhələr yarana bilər.

EES – nin **rəqsi statik dayanıqlığı** həm layihə, həm də istismar məsələlərinin həlli, xüsusən tənzimləyici qurğuların təshih qiymətlərinin sazlanması, həmçinin onların qarşılıqlı təsiri ilə əlaqəli məsələlərin həlli zamanı baxılır. Metodik planda, sinxron generatorların təsirlənmənin tənzimləmə sistemlərinin sazlanmasınıın optimallaşdırılmasının klassik yanaşması ondan ibarətdir ki, axtarılan tənzimləmə əmsalları müstəvisində rejimlər seriyası, dayanıqlığa görə sərhəd rejiminə kimi dayanıqlıq

sahəsi qurulur. Sazlanmanın optimal təshih qiymətləri ümüm dayanıqlıq sahəsinin daxilində olmalıdır. Belə yanaşma həmişə layihə məsələlərində tətbiq olunur. Yuxarıda artıq qeyd olunan cəbri və tezlik kriteriyaları ilə yanaşı, birbaş üsul olan, dominant qütblərin hesabatı üsulunu da nəzərdən keçirmək məqsədəuyğun olardı [38].

Dayanıqlığın vəziyyəti xarakteristik bərabərliyin köklərini təyin etmədən, dominanat qütblərin hesablanmasında tezlik üsulundan istifadə etməklə qiymətləndirilir.

Xarakteristik polinoma (3.2) və ya ilkin xarakteristik təyinata (3.1) görə *D(jω)* qadoqrafı fazasının dəyişməsi qrafiki qurulur.

$$D(j\omega) = D(\omega)\exp\left|j\psi_D(\omega)\right|$$

Daha intensiv dəyişən fazanın tezlik diapazonu üçün $d\varphi(\omega)/d\omega$ kəmiyyəti hesablanır. Bunun törəməsinin maksimum qiymətinə sistemin kompleks qütbünün (kökünün) xəyali mürəkkəbəsi ($j\omega$) uyğun gələcəkdir. Kompleks kökün həqiqi mürəkkəbəsi törəmənini dəyişmə surətinin tərs qiyməti kimi təyin olunur, yəni,

$$\alpha = \left|\max \frac{d\varphi(\omega)}{d\omega}\right|^{-1} \qquad (3.8)$$

Mütləq yanaşsaq, əgər aydın ifadə olunmuş qutblər yoxdursa, onda (1.36) bərabərliyinin tətbiqi problemli olacaqdır. Eyni zamanda əhəmiyyətli bir qeydə nəzər salmaq lazımdır ki, enerjisistemdə aydın ifadə olunmuş tezlik diapazonu (0,2÷0,3Hs) mövcuddur. Mürəkkəb sistemlərdə məxsusi tezliklərin hesabat praktikası göstərir ki, bu diapozon sistemdə generatorların sayından asılı deyil.

Sinxron generatorların elektromexaniki rəqsləri ilə təyin olunan aşağı tezlikli mürtəkkəbələr, bu diapazon çərçivəsində yerləşirlər. Belə halda enerjisistemin vahid məxsusi tezliyi haqqında danışmaq olar.

Bu dipazonla yanaşı, həmçinin digər tezlik diapazonları (0,8÷1,2 Hs) və (2÷2,2Hs) da mövcuddur. Birinci elektromexaniki dövrələrin qarşılıqlı təsirilə, ikinci isə təsirlənmənin tənzimlənmə sistemində gedən proseslərlə şərtlənir.

Ədəbiyyatda [38] yuxarıda təsvir ounmuş üsulla (faztezlikli) alınan dominant qutbların dəqiqliyinə zəmanət vermək üçün onların eksperiment yolu ilə təyin olunmuş tezlik xarakteristikaları ilə müqayisə olunması təklif olunur.

Faztezlikli metod dayanıqlıq kriteriyasının ehtiyat şəkilində aşağıdakı kimi təyin etməyə imkan verir.

$$V_p = \left| \max \frac{d\varphi(\omega)}{d\omega} \right|^{-1} \omega = \omega_p ,$$

burada

ω_p – qadoqrafın radiusunun minumum və fazanın dəyişmə surətinin maksimum qiymətinə uyğun gələn tezliyin qiymətidir.

Bununla yanaşı nəzərə almaq lazımdır ki, dominanat kökün kifayət qədər dəqiq təyin olunması $\alpha_p << \omega_p$ halında mümkündür.

Faztezlikli metodun tətbiq olunması, elektroenergetika sistemlərinin dinamik xassələrinin göstəricilərinin alınmasına və tənzimlənən mürəkkəb enerjisistemlərin dayanıqlığa görə kompleks tədqiqi olunmasına imkanlar yaratmışdır [38].

Enerjisistemin kiçik təsirlərdən dayanıqlı olması, böyük təsirlərdən də dayanıqlı olması demək deyil. Bu isə enerjisistemlərin dinamik dayanıqlıq səviyyəsindən asılı olmayaraq qiymətləndirilməsini şərtləndirir.

Dinamik dayanıqlığın təmin olunması şərti məlum olduğu kimi, ənənəvi olaraq “sahələr” qaydası ilə izah olunur. Bu qayda praktik olaraq enerjisistemin bir və iki maşınlı əvəz sxemi uçun məqbul sayılır. Eyni zamanda, dinamik dayanıqlığın qorunmasının əsas vasitələri, rele mühafizə və avtomatika qurğularının köməyi ilə zədələnmiş elementlərin və ya təsirlərin açılmasıdır. Lakin açılma bucağının ($\delta_{откл}$) məlum olması, nəzəri olaraq “sahələr” qaydası ilə təyin oluması mümkündür, təsirlərin, xüsusi halda q.q.–nin hədd açılma zamanın qiymətinin təyin olunmasına imkan vermir. Təsirlərin hədd açılma zamanının təyin olunması üçün ardıcıl interval metodundan istifadə olunur.

Belə həll elektromexaniki keçid proseslərinin çoxsaylı hesabatlarının yoxlanmasını tələb edir, bu isə ES–in dayanıqlığının qiymətləndirici və ya ekspres analizləri üçün münasib olmadığına görə məqsədəuyğun hesab olunmur.

Monoqrafiyada rejim və hesabatların hesablanması üçün yeni metodun işlənməsi və ya köhnə metodların təkmilləşdirilməsi məqsədi qoyulmamışdır. Enerjisistemin yeni fəaliyyəti və inkişafı şəraitində sistemin dayanıqlıq qabiliyyətini və vəziyyətini qiymətləndirməyə imkan verən sadələşdirilimiş kriteriyaların seçilməsi maraqlıdır.

Belə kriteriyalar keyfiyyətində aşağıdakılar tətbiq oluna bilər:

1. Qəzadan sonrakı rejimlərdə gərginliyin səviyyəsinə, tezliyə və statik dayanıqlıq ehtiyatına görə, dayanıqlığı xarakterrizə edən kriteriyalar.
2. Qəza rejimlərində, qəzaları təsirlərin dərəcəsinə görə xarakterizə edən kriteriyalar.

3. Qəzaları idarəçilik təsirlərinin qiymətinə görə xarakterizə edən və qəzadansonrakı rejimlərin mövcudluğunu təmin edən kriteriyalar.

Dinamik dayanıqlıq məsələləri (sinxron dayanıqlıq) məlum olduğu kimi, son və kifayət qədər kiçik interval zamanında həll olunur. Bu halda elektrik sistemini pozision modelinin tətbiqi əsaslandırılmış olur. Kiçik interval zamanında, sinxron maşınlar ətalətli olduqlarına görə, surətləri çox dəyişə bilmir. Eyni zamanda sinxron generatorlar arasında nisbi bucaqlar özlərinin hədd qiymətlərinə çata bilirlər.

Məsələn, 1 rad bucağa, surətlər fərinin yalnız 1 % qiymətində 0,32 san müddətində çatmaq olur. Ona görə də ilkin böyük təsirdən sinxron generatoru sinxronizmdə saxlamaq üçün, sinxronlaşdırıcı moment xüsusi əhəmiyyətə malikdir, tezlikdən asılı olan digər momentlər isə ikinci dərəcəlidir. Bu səbəbdən böyük olmayan intervalda, tezlikdən asılı olmayan digər momentləri sabit kimi təsviri və riyazi modelin isə pozision təsviri əsaslandırılmış olur. Bu interval çoxsaylı faktorlardan asılıdır (orta qiyməti 0,2÷0,5 can. təşkil edir): təsirlərin qiymətlərindən, maşınların inersiya sabitlərindən, sistemdə tənzimləmə qurğularının mövcudluğundan onların cəld təsirliliyindən v. s.

Qeyd olunan xüsusiyyətləri nəzərə alaraq, hələ A.A.Qoryev [71], sinxron generatorun rotorunun hərəkət bərabərliyinin kiçik intervalda həllinin, bucağın zamana görə funksiyasının bölünməsi şəkilində (Teylor bölünməsi) axtarılması nəticəsinə gəlmişdir.

$$\delta_i(t) = \delta_{i0} + \delta_{i1}(t - t_0) + \ldots + \delta_{in}(t - t_0)^n,$$

burada

t_0 - əmsalar təyin olunan zaman,

$\delta_{ik} = \delta_i^{(k)} / k^1$,
$K = 0....n$,
$\delta_i^{(k)}$ – k dərəcəli zamana görə törəmə.

$\delta_i^{(k)}$ – nın qiyməti onların zamana görə ardıcıl diferensilını tapmaqla ilkin bərabərliklər sistemindən təyin olunur.

Belə riyazi model kiçik intervallar cərçivəsində, ətalətlilik olduğuna görə surətlər hələ ki, dəyişməy başlamamışlar, etibarlı işləyir. [72] görə 0,8 ÷ 1,0 san. İntervalında həllin xətası 3÷5% həddinə çatır.

Bir sıra işlərdə daha çox təhlükəli sayılan təsirlərin seçilmə probleminə baxılır.

Dinamik dayanıqlıq məsələlərində hesablama metodundan çox təsirlərin düzgün seçilməsi daha əhəmiyyətlidir.

Ədəbiyyatda [73] təsirlərin aşağıdakı kimi funksiya şəkilində seçilməsi təklif olunur.

$$j = \sum_j \omega_j \left| f_i(x) \right|^m ,$$

burada

ω_j - çəki əmsalları,

$f_i(x)$ - rejim parametrlərinin funksiyası.

Axırıncının keyfiyyətində aşağıdakılar ola bilər:

$P_j / P_{j\max}$ – elektrik şəbəkəsində faktiki və maksimum buraxıla bilən yüklərin nisbəti;

$\Delta U_j / \Delta U_{j\max}$ – elektrik şəbəkələrinin düyün nöqtələrində faktiki və buraxıla bilən gərginlik artımlarının nisbəti;

$Q_i / Q_{j\max}$ – elektrik şəbəkələrinin düyün nöqtələrində faktiki və maksimum buraxıla bilən reaktiv güclərin nisbəti;

Əgər $j<j_0$, onda təsirlər təhlükəli deyillər.

Ədəbiyyatda [74] təsirlərin qiymətləndirmə kriteriyaları ayrılıqda aktiv güc, reaktiv güc və gərginlik üçün təyin edilir.

$$j_p = \sum_{\alpha} \omega_{pi} \left(\frac{P_i}{P_{i\max}} \right)^2$$

$$j_{Qu} = \sum_{\beta} \omega_{ui} \frac{\left| U_j - U_j^{\max} \right|}{U_j} + \sum_{\gamma} \omega Q_j \frac{\left| Q_j - Q_j^{\max} \right|}{Q_j}$$

burada

j_p, j_{Qu} - rejimlərin aktiv və reaktiv güc üçün ağırlıq dərəcəsi;

$\omega_{hj}, \omega_{uj}, \omega_{Quj}$ - aktiv, reaktiv güc və gərginlik axınları üçün çəki əmsalları;

P_i - *i* – ci EVX-nin aktiv yükü;

$P_i^{\max}$ - *i*–ci EVX-nin yükburaxma qabiliyyəti;

Q_j - *j*–cu düyün nöqtəsinin reaktiv yükü;

$Q_j^{\max}$ - *j*-cu düyün nöqtəsinin verilən maksimum reaktiv yükü;

U_j - *j*–cu düyün nöqtəsinin gərginliyi ;

U_j^{max} - j-cu düyün nöqtəsinin buraxıla bilən hədd gəginliyi ;

β, γ - gərginliyə və reaktiv gücə görə hədd qiymətlərini keçən düyün nöqtələri və EVX -nin sayı ;

Çoxsaylı işlərdə bu məsələlər aktiv yük axınlarının hesabatında istifadə olunur.

1. [75–77] –də dinamik dayanıqlıq kriteriyası keyfiyyətində qəzadan sonrakı rejimdə yük buraxma qabiliyyəti ehtiyatından istifadə olunur.

$$P_{CT} - P_{na} > k_g P_{CT} ,$$

burada

P_{CT} - qəzadan sonrakı rejimdə statik dayanıqlığa görə əlaqələrin yük buraxma qabiliyyəti ehtiyatı;

P_{na} - qəzadan sonrakı rejimdə əlaqənin yükü;

k_g - dinamik keçidin dayanıqlığına görə, əlaqələrin yük buraxma qabiliyyəti ehtiyatı, 0÷0,25 təklif olunur;

Dinamik dayanıqlığın qiymətləndirilməsində dəqiqliklə yanaşı, təsir edən faktorların geniş spektrinin əhatə olunması imkanları daha əhəmiyyətli olduğuna görə, sadəlik və geniş əhatəlik də əhəmiyyətlidir.

2. Tezliyin dəyişməsindən istehlakçılarda yüklərin dəyişməsi tənzimləmə effekti ilə nəzərə alınır.

$$\Delta P_H = K_H \frac{\Delta f}{f_{ном}} \cdot P_{ном} ,$$

burada

ΔP_H - tezliyin Δf dəyişməsində yükün dəyişməsi;

$$k_H = 1{,}2 \div 2{,}0 \quad n.q.$$

3. Tezliyin dəyişməsindən elektrik stansiyalarının gücünün dəyişməsi aşağıdakı şərtlərlə təyin olunur.

$$\left|\Delta f\right| < \frac{\varepsilon}{1-k} \Delta P_i = -\frac{100k}{\sigma} \cdot \frac{\Delta f}{f_{ном}}$$

$$\left|\Delta f\right| \geq \frac{\varepsilon}{1+k}$$

ε - qeyri həssaslıq zonasının qiyməti

k_u - statik xarakteristikaların diklik əmsalı

σ - turbinin AST statizmi (%).

EES-in rejim idarəçiliyinin (dayanıqlığının) qiymətləndirilməsi üçün baxılan kriteriyalar və metodik yanaşmalar hər halda bu istiqamətdə bütün çoxsaylı elmi – tədqiqat və metodik işləmələri əhatə etmir. Ancaq qeyd etmək lazımdır ki, bütün bunlar üçün dayanıqlığın təsirlərin xarakter və qiymətinə, keçid prosesinin gediş xarakterinə və dayanıqlığın pozulmasına görə bölünməsi xarakterikdir. Eyni zamanda bu metodlar, həll olunan məsələlərin mürəkkəbliyi, yüksək ölçülüyü və nisbətən aşağı surəti ilə fərqlənirlər.

Bunlar yeni, operativ -texnoloji idarəçiliyin tələblərinə cavab verən yanaşmaların axtarışını əsaslandırırlar.

3.2. Dayanıqlığın operativ qiymətləndirilməsində energetik yanaşmanın tətbiqi.

Operativ-dispetçer idarəçiliyinin effektivliyini qaldırmaq məqsədilə – həm böyük, həm də kiçik təsirli rejimlərdə dayanıqlığın qiymətləndirilməsi, enerji sistemin dayanıqlıq ehtiyatının operativ təyini üçün əlverişli olan daha ümumi yanaşma, operativ və aydın fiziki kriteriyalar və alqoritmlərin olması vacibdir.

Məlum olduğu kimi, EES mürəkkəb rəqsli sistemdir. Müxtəlif sistemlərin rəqsi hərəkətlərinin xüsusiyyətləri ondan ibarətdir ki, onlar eyni riyazi tənliklərlə, diferensial bərabərliklərlə təsvir olunurlar. Bu, oxşarlıq prinsipinə əməl etməklə, qoyulmuş məsələnin həllində istifadə edilməsi mümkün olan nəzəri mexanikanın [78-81] bəzi müddəalarına müraciyət etməyə imkan verir.

Məlum olduğu kimi, mexaniki sistemlərdə hərəkət bərabərliyinin əsasında ikinci qism Laqranj teoremi durur:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial q_j}\right) - \frac{\partial L}{\partial q_j} = 0 \qquad j=1 \dots n$$

burada

$$L = T - \Pi$$

q_j – ümumiləşdirilmiş koordinatlar;
T – kinetik enerji;
Π – potensial enerji;

Kinetik enerji ümumiləşdirilmiş koordinatların, onların dəyişmə sürətləri və zamanın funksiyası, potensial enerji isə ümumiləşdirilmiş koordinatlar və zamanın funksiyasıdır:

$$T = T(q_1 q_2 \dots q_s \quad \dot{q}_1 \dot{q}_2 \dot{q}_3 \dots q_s \quad t)$$

$$\Pi = \Pi(q_1 q_2 \dots q_s \quad t)$$

Ümumiləşdirilmiş koordinatların tarazlıq vəziyyətindən kiçik yayınması zamanı, potensial enerji funksiyasını ümumiləşdirilmiş dərəcələrin yayınması üzrə Makleron sırasına düzmək olar:

$$\Pi\left(\Delta q_1, \Delta q_2, \dots, \Delta q_n\right) = \Pi\left(0\right) + \sum_{j=1}^{n} \left(\frac{\partial \Pi}{\partial q_j}\right)_0 \Delta q_j + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \left(\frac{\partial^2 \Pi}{\partial q_i \partial q_j}\right)_0 \Delta q_i \Delta q_j + \dots \quad (3.9)$$

Tarazlıq vəziyyətində sistemin potensial enerjisi sıfra bərabərdir, yəni

$$\Pi(0)=0$$

Tarazlıq vəziyyətində konservativ gücün təsiri də sıfıra bərabərdir, yəni

$$\left(\frac{\partial \Pi}{\partial q_i}\right) = 0 \quad (3.10)$$

Onda, (3.9)-kı ikinci dərəcədən yuxarı düzülmə üzvlərini nəzərə almadan

$$\Pi(\Delta q_1, \Delta q_2, \dots, \Delta q_n) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \left(\frac{\partial^2 \Pi}{\partial q_i \partial q_j}\right)_0 \Delta q_i \Delta q_j \quad (3.11)$$

düsturunu alırıq.

(3.9)-dakı ikinci törəmə sərtlik əmsalı adlanır:

$$C_{ij} = \frac{\partial^2 \Pi}{\partial q_i \partial q_j} \tag{3.12}$$

(3.10) tənliyindən göründüyü kimi, konservativ sistemlərdə potensial enerjinin ekstremal qiymət aldığı vəziyyət – sistemin tarazlıq vəziyyətidir. Sonlu sərbəstlik dərəcəli sistemlər üçün, tarazlıq vəziyyətinin dayanıqlıq şərtləri Laqranj-Dirixle teoremi ilə isbat olunur.

Potensial enerjisi minimuma çatan konservativ sistemin tarazlıq vəziyyəti – dayanıqlıdır.

[82]-də mexaniki sistemlərin əsas teoremlərindən ibarət olan bu və o cümlədən aşağıdakı teoremlərdən istifadə edilməsinin mümkünlüyü araşdırılır.:

- hərəkətin miqdarının dəyişməsi haqqında ;
- sistemin kütlə mərkəzinin hərəkəti haqqında;
- sistemin kinetik momentinin dəyişməsin haqqında ;
- sistemin kinetik enerjisinin differensial formada dəyişməsinə haqqında ;
- sistemin kütlə mərkəzinə nisbətən hərəkət zamanı onun kinetik enerjisinin dəyişməsi haqqında.

EES konservativ olmadığı üçün həm bu, həm də Laqranj-Dirixle teoremləri birbaşa EES-də tətbiq edilə bilməz. Xəttin aktiv müqaviməti şəraitində pozisiyalı EES dissipativdir. Bu halda sinxron generatorların qarşılıqlı təsiri qarşılıqlı-müvazinətli deyildir, bu da Nyuton qanununa ziddir.

Ancaq, lazımi qədər əsaslandırılmış bir neçə şərtləri qəbul etməklə, EES –in konservativ sistem kimi təsvirinə keçmək olar. Mürəkkəb sistemdə transsendent tənliyinin *i*-ci sinxron generatorlarının güc tənliyi belədir:

$$P_i = E_i^2 y_{ii} \sin \alpha_{ii} + E_i \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} E_j y_{ij} \sin(\delta_{ij} - \alpha_{ij}), \quad (3.13)$$

burada

E – sinxron generatorların EHQ;

δ – sinxron generatorların EHQ vektorları arasındakı bucaq;

y, α – məxsusi və qarşılıqlı keçiricinin modul və onların fazalarını tamamlayan bucaq.

(3.13)-dən bölünmüş formaya keçid həyata keçirilir:

$$P_i = E_i \left\{ E_i g_i + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} \left[E_j b_{ij} \sin \delta_{ij} + g_{ij} (E_i - E_j \cos \delta_{ij}) \right] \right\}, \quad (3.14)$$

burada

g_i – i qovşağındakı yükün aktiv keçiriciliyi;

g_{ij}, b_{ij} – i və j qovşaqları arasındakı keçiriciliyin aktiv və reaktiv mürəkkəbələri.

Əgər, (3.14) tənliyində keçiriciliyin g_{ij} mürəkkəbəsini nəzərə almasaq [(3.13) tənliyində bunu etmək mümkün deyil], konservativ EES üçün növbəti bərabərliyi alarıq:

$$P_i = E_i^2 g_i + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} E_i E_j b_{ij} \sin \delta_{ij}, \quad (3.15)$$

burada aktiv yükün keçiriciliyi saxlanılmışdır.

Belə sistemdə hərəkətin miqdarının dəyişməsi haqqında qanun

$$\frac{dJ}{dt}=\sum_{i=1}^{n}\Delta P_{Ti} \ ,$$

və ətalət mərkəzinin hərəkəti haqqında qanun da doğru sayılır.

$$T_{J\Sigma}\frac{d^2\delta_\Sigma}{dt^2}=\sum_{i=1}^{n}\Delta P_{Ti} \quad ,$$

burada

ΔP_{Ti} – güc artımı (onun təsiri altında keçid prosesi baş verir).

$T_{J\Sigma}$ – bütün EES-in ətalətinin yekun sabitliyi.

EES üçün enerji qanunu doğru sayılır.

EES-in ümumi potensial enerjisi iki hissədən ibarətdir [82]:

- şəbəkənin yükündən turbinin həqiqi momentinin (gücünün); artım fərqindən;
- elektrik şəbəkəsi enerjisinin mürəkkəbəsindən.

$$\Pi_\Sigma=-\sum_{i=1}^{n}P_{\Delta T_i}\delta_i+\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}E_i\sum_{\substack{j=1\\ j\neq i}}^{n}E_j b_{ij}\left(1-\cos\delta_{ij}\right) \quad (3.16)$$

burada

$P_{\Delta Ti}$ - turbinin faktiki gücünün və *i*-ci düyün nöqtəsindəki yükün fərqi;

b_{ij} - elektrik şəbəkəsinin qarşılıqlı keçiriciliyinin xəyalı mürəkkəbəsi ;

E_i - sinxron generatorun EHQ qiyməti;

δ_{ij} - EHQ vektorları arasındakı qarşılıqlı bucaq.

Qeyd edək ki, Π_Σ (3.16) ayrı-ayrı elementlərin və ya hissələrin deyil, EES-in bütünlükdə enerjisidir.

Əvvəlcə Laqranj-Dirixle teoremasının dir sərbəstlik dərəcəsi olan sistemlərdə tətbiqinə baxaq.Belə sistem SGŞ –

nə işləyən bir elektrik stansiyasından ibarət EES –dir. Sistemin sxem və parametrləri əlavə 3 –də verilmişdir.

Bu hal üçün potensial enerjinin (3.15) ifadəsi növbəti şəkilə düşür:

$$\Pi_{\Sigma} = -M_{T}\delta + 2\frac{EU}{\omega^{2}L}\sin^{2}\frac{\delta}{2}$$

və ya nisbi vahidlər sistemində, $\omega=1, P=M$ olduqda

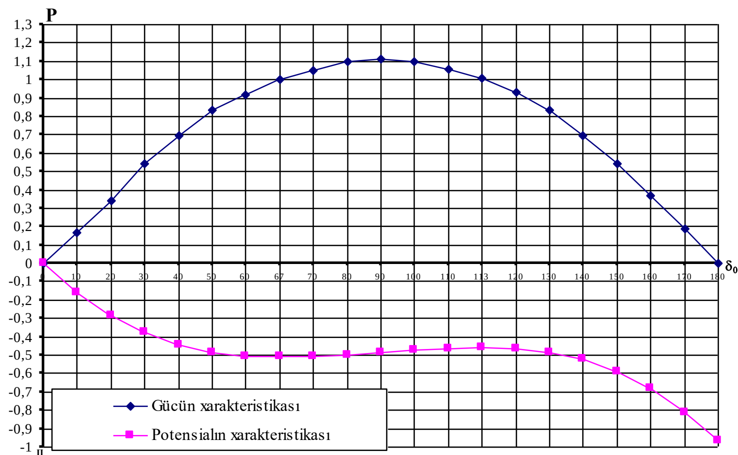
$$\Pi = -P_0\delta + P_m(1-\cos\delta), \qquad (3.17)$$

burada

P_m – gücün maksimum qiymətidir.

Şəkil 3.1-də 500 kV-luq EVX-dən (2 Abşeron) Abşeron enerji qovşağına (stansiya– dəyişməyən gərginlik şinləri sxemi) işləyən Az DRES-in 4 generatorunun sxemi üçün, potensial enerji və güc xarakteristikaları verilmişdir.Dayanıqlığın tarazlıq vəziyyəti P_0=1 o.e., δ= 67^o rejimi ilə xarakterizə edilir. Bu nöqtədə potensial enerji maksimum qiymət alır. Həmin şəkildə potensial enerjinin xarakteristikası verilmişdir və burada tarazlıq vəziyyəti üçün, potensial enerjinin minimum qiyməti qeyd edilmişdir (hesabat hissəsi əlavə 3-də verilir). Qeyd etmək lazımdır ki, uzaq məsafəli elektrik ötürmələri olmayan məhdud güclü konservativ sistemlərdə α bucaqları kiçikdir və bu birinci yanaşmada sistemi konservativ kimi qəbul edərək, (3.15. və 3.16.) tənliklərindən istifadə etməyə imkan verir

Yuxarıda göstərilən misal əyanilik xarakteri daşıyır. Potensial enerjinin xarakteristikalarını qurmaq vacib deyil. Bir sərbəstlik dərəcəli sistemlərdə bucaqlar üzrə potensial enerjinin ikinci törəməsinin işarəsinin yoxlanılması, yəni aşağıdakı şərtin ödənilməsi kifayətdir.



Şək 3.1 Bir dərəcəli azad sistemdə güc və potensial enerjisinin xarakteristikası

$$\left(\frac{\partial^2 \Pi}{\partial \delta^2}\right) > 0 \qquad (3.18)$$

Potensial enerjinin bucağa görə ikinci törəməsi (3.16-dan)

$$\left(\frac{\partial^2 \Pi}{\partial \delta^2}\right) = Pm\ cos\delta > 0 \qquad (3.19)$$

Göründüyü kimi (3.19) bərabərliyi, sistemin konservativ təsvirində dayanıqlığı qiymətləndirmək üçün sinxronlaşdırıcı gücün müsbət işarəsi formasında kriteriyadır. Bu sadə sxemlər (stansiya – dəyişməyən gərginliklər şini) üçün xarakteristik bərabərliyin sərbəst mürəkkəbəsidir.

Bir sərbəstlik dərəcəsi olan sistemlərdə potensial enerjinin mövcudluğu bir şərtlə (3.18) təyin olunur. Sərbəstlik dərəcəsi məhdud sayda olan sistemlərdə potensial enerjinin mövcudluğu bir sıra şərtlərlə təyin olunur. Eyni zamanda bu şərtlər parametrlərin əlaqələri ilə təyin olunur, bərabər tarazlaşdırılmış vəziyyətdən ümumiləşdirilmiş koordinatların kiçik artımına, potensial enerjinin müsbət artımı uyğun gələcəkdir.

Laqranj-Dirixle teoreminə görə, potensial enerji kvadrat formalı işarətəyinatlı funksiyaya malikdir. Silvesterin kvadrat formaların işarədəyişənliyi haqqında kriteriyasına uyğun olaraq, kvadratik formanın müsbət təyinatlı olması üçün, onun baş minorlarının diskriminantının müsbət olması zəruri və kafidir, yəni aşağıdakı şərtlər ödənilməlidir:

$$[c_{11}]>0 \quad \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} \\ c_{21} & c_{22} \end{bmatrix}>0 \quad \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} \end{bmatrix}>0 \qquad \ldots$$

burada

$$c_{11}=\frac{\partial^2\Pi}{\partial\delta_1^2} \qquad c_{22}=\frac{\partial^2\Pi}{\partial\delta_2^2} \qquad \ldots$$

$$c_{12}=\frac{\partial^2\Pi}{\partial\delta_1\,\partial\delta_2} \qquad c_{23}=\frac{\partial^2\Pi}{\partial\delta_2\,\partial\delta_3} \qquad \ldots$$

$c_{11}=c_{21} \quad c_{23}=c_{32}$ və s.

Sistemin daha mürəkkəb sxemləri üçün tarazlaşmış halın dayanıqlığının yoxlanılmasında Silvestr kriteriyasının tətbiqinin nümunə kimi əlavə 4 -də verilmişdir.

Yuxarıda göstərilən yanaşma rejimin (tarazlaşmış vəziyyətin) dayanıqlı olmasına əminlik imkanı yaradır.

Operativ-dispetçer idarəçiliyi dayanıqlığa nəzarəti və onun ehtiyatının qiymətləndirilməsini tələb edir. Axırıncı məsələnin potensial enerjinin köməyi ilə həlli imkanlarını göstərək.

Potensial enerjinin ikinci törəməsinin sıfıra bərabər olması, maksimum güc rejimini göstərir, yəni, güc xarakteristikasının maksimumdakı rejimi göstərir. Bu koordinata δ_i uyğun güc maksimum gücü təyin edir.

Potensial enerjinin sıfıra bərabərləşdirilmiş ikinci törəməsi::

$$\frac{\partial^2 \Pi_\Sigma}{\partial \delta_i^{\;2}} = -E_i \sum_{\substack{i=1 \\ j \neq i}}^{n} E_j b_{ij} \cos \delta_{ij} = 0,$$

oradan

$$\delta_{ij} = \pi - arctg \frac{\sum\limits_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} S_{ij}}{\sum\limits_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} S_{ij} tg\delta_j} \qquad (3.20)$$

burada

$$S_{ij} = E_i E_j b_{ij} \cos \delta_{ij}$$

δ_i – nin alınmış qiymətini güc ifadəsinə (3.14) daxil edərək P_{max} alırıq və oradan isə ehtiyat əmsalını

$$K_3 = \frac{P_{\Sigma \max} - P_{\Sigma 0}}{P_{\Sigma 0}} \; ,$$

kimi təyin edirik.
Burada

P_0 - ilkin rejimdə güc.

Maksimum gücün və ehtiyat əmsalının təyin olunması hesabatının nümunəsı əlavə 4. –də göstərilmişdir.

3.3. Enerjisistemin dayanıqlığının qiymətləndirilməsi üçün ekspress-metodun işlənməsi

İşlənmiş ekspres metodun əsasını, həm ikinci və üçüncü fəsildə qeyd olunmuş nəzəri əsaslar, həm də enerjisitemin müasir şəraitdə fasiləsiz olaraq sxem və rejim

parametrlərinin dəyişməsindən irəli gələn dispetçer idarəçiliyinin tələbləri təşkil edir:

1. Metodika sadə olmaqla nəticələrin tez alınmasını təmin etməli; fiziki cəhətdən sadə olmalı; minumum infomasiyadan istifadə etməli və mürəkkəb hesabatların aprılmasını istisna etməlidir.

2. Metodika sitemdə məhdud sayda zəif elementləri seçməlidir ki, məhz onlara nisbətən dayanıqlıq hesabatlları aparılsın.

3. Statik dayanıqlıq – sistemin ayrı – ayrı elementlərinin yox vahid sistemin dayanıqlığıdır. Sistemin generatorlarının statik dayanıqlığının pozulması eyni vaxta baş verir, fərq ondan ibarərtdir ki, dayanıqsız vəziyyətə onlar müxtəlif surətlərlə yaxınlaşırlar.Ona görə də statik dayanıqlığı bəzi zəif generator və ya en kəsiyin gücünün yoxlanılması kifayətdir.

4. Dinamik dayanıqlıq – sistemin ayrı – ayrı elementlərinin dayanıqlığıdır. Ona görə də böyük təsirlərdən dinamik dayanıqlığı, həmçinin zəif elementlərə görə yoxlanması kifayətdir.

5. Metodika üç qiymətləndirməni özündə birləşdirməlidir:

- Zəif elementlərin aşkarlanması;
- Statik dayanıqlığın və ehtiyat əmsalının qiymətləndirilməsi;
- Dinamik dayanıqlığın qiymətləndirilməsi.

Energetik yanaşmanın istifadə olunması ekspres metodun köməyi ilə, enerjisistemin dayanıqlıq vəziyyətinin mühəndis qiymətləndirilməsinə imkan verir. Ekspres metodun blok –sxemi şək.3.2. – də təqdim olunmuş və aşağıdakı bloklardan ibarətdir [83-85].

Blok – 1. Verilmiş sxem və generatorların yüklərinə görə ilkin qərarlaşmış rejimin hesabatları aparılır.

Hesabat dispetçer idarələrində istismarda olan bu və ya digər proqrammaların ("Mustanq" və ya "NEPLAN") köməyi ilə aparılır. Hesabatın nəticəsində tradision informasiyalarla yanaşı, EHQ vektorunun bucağı qeyd olunur.

Blok – 2. Kiçik elektromaqnit gücünün artımı şəkilində K –cı generatorda hsabat təsiri ($\Delta P_{к}$) formalaşdırılır.

Blok –3. K –cı generator tətbiq olunmuş hesabat təsirini nəzərə almaqla rejimin təkrar hesabatı aparılır. Bu zaman 2 –generator metoduna görə, güc K –cı və balanslaşdırıcı generatorda dəyişir. Digər generatorlarda güc dəyişməz qalır. Generatorların EHQ vektorlarının bucaqları fiksasiya olunur. Axırıncı növbəti blokda istifadə olunmaq üçün yadda saxlanılır.

Blok – 4. K –cı generatorun məxsusi sinxronlaşdırıcı gücü və onun n – 2 generatora (balanslaşdırıcı generator istisna olmaqla) nisbətən sinxronlaşdırıcı əlaqələrinin hesabatı aparılır. Eyni zamanda 1 və 3 –cü bloklarda alınmış generatorların EHQ vektorlarının bucaq fərqləri təyin olunur.

Bucaqlar radiana keçirilir, elektromaqnit güc isə generatorların ilkin gücünə nisbətən hesablanır.

Beləliklə sinxronlaşdırıcı güc və əlaqə ölçüsüz şəkildə alınır.

Blok – 5. Eyni təsirlərdən, həmçinin ölçüsüz şəkildə generatorların EHQ vektorlarının bucaqlarının dəyişmə surətlərinin hesabatı aparılır.

Blok – 6. Blokda sinxronlaşdırıcı gücün və surətinin sərhəd qiymətləri daxil edilə bilər. Axırıncı ilə müqayisə etməklə dayanıqlıq baxımından sistemin zəif generatorlarını müəyyən olunması imkanı yaranır. Seçim şərti :

$$S_k \geq S_s \qquad V_k \leq V_s$$

Hər bir enerjisistem üçün S_s və V_s müxtəlifdir və təyin olunur.

Blok – 7. Zəif generatorların sinxronlaşdırıcı güclərinin və surətlərinin müqayisəsi nəticəsində zəif generatorlar müəyyən edilir. Sonradan onlar dayanıqlığın tədqiqat obyektinə çevrilirlər.

Blok – 8. Sisteminin potensial funksiyasının minumumu hesablanır və ilkin rejimin dayanıqlığı hesablanır.

Blok – 9. ℓ zəif generator üçün EHQ vektor bucağının maksimum qiyməti təyin olunur. Sinxronlaşdırıcı gücün $S_{\ell j}$ və bucağın $\delta_{\ell j}$ qiymətləri 3 və 4 –cü hesabat bloklarında təyin olunmuşdur.

Blok –10. $\delta_{\ell Max}$- nın hesabat qiymətinə görə güc xarakteristikasının maksimumu təyin olunur və ona görə isə statik dayanıqlığın təmin olunma şərtinə görə $K_{3\ell}$ ehtiyat əmsalı təyin olunur.

Bu ℓ generatorun sahibi olduğu statik dayanıqlıq ehtiyatıdır.

Blok – 11. ℓ generatorun dinamik dayanıqlığın təmin olunma şərtinə görə buraxıla bilən güc artımı aşağıdakı kimi təyin olunur.

$$\Delta P_{\ell} = P_{0\ell} K_{3\ell} K_g ,$$

Burada

$P_{0\ell}$ – ℓ generatorunun ilkin rejimdə gücü ,

$K_{3\ell}$ – ilkin rejimdə statik dayanıqlığın təmin olunma şərtinə görə ehtiyat əmsalı,

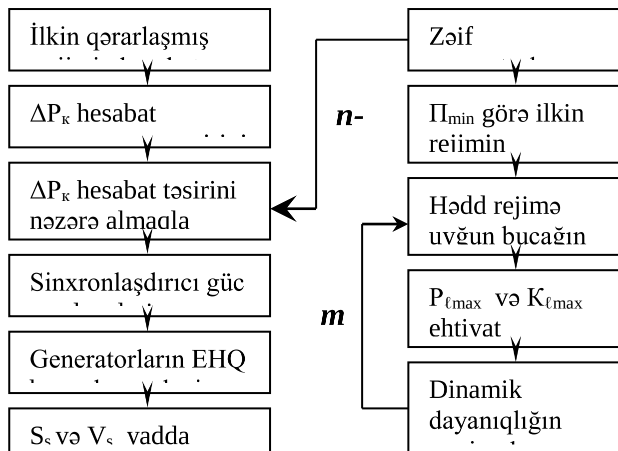
$K_g = 0,75$.

Blok 2 –7 n generatorların hamısı üçün yerinə yetirilir.

Blok 9 – 11 seçilmiş *m* zəif generator üçün yerinə yetirilir, $m < n$.

$K_g = 0,75$ qiyməti ədəbiyyatda [56] göstərildiyi kimi, bütün enerjisistemlər və onların rejim və sxemləri üçün sabitdir. Belə ki, dinamik dayanıqlığın məlum təmin olunması şərtindən çıxır: sadə və mürəkkəb sxemlər üçün tətbiq olunan tormuzlama və surətin dəyişmə sahələrinin bərabərliyi.

$K_{3\ell}$ və ΔP_{ℓ}-in təyin olunmuş qiymətlərinə görə, ƏQA -nın idarəçilik təsirlərinin həcmini formalaşdırmaq olar.



Şək 3.2 Dayanıqlığın

3.4 Sinxronlaşdırıcı gücə görə zəif elementlərin müəyən olunması (Azərbaycan ES-nin nümunəsində)

Rejim və dayanıqlığın analizi üçün ilkin hesabat sxemi kimi, burada və sonrakı paraqraflarda EES – in 110-220-330-500 kV –luq əvəzetmə sxeminə baxılacaqdır. Buraya 7 elektrik stansiyası və 110 yük düyün nöqtəsi daxildir. Eyni zamanda elektrik stansiyalarının yüksək gərginliyi şinlər sisteminə birləşmə sxemlərinin müxtəlif olmasını nəzərə alaraq, əvəzetmə sxemində EES-in elektrik stansiyalarında 16 elektrik generator iştirak edir (şək 3.3). Əvəzetmə sxemində güclü enerji sistemlə sistemlərarası əlaqə xətti də daxil edilmiş, balanslaşdırıcı düyün nöqtəsi kimi, "Çirkey" SES (Rusiya EES) seçilmişdir.

Birinci fəsildə qeyd olunmuş nəzəri əsasları və yuxarıda deyilənlərə əsaslanaraq, "Mustanq" proqramının köməyi ilə sinxronlaşdırıcı gücün və əlaqənin hesabatı aparılmışdır. Ardıcıl olaraq hər bir generatorda ilkin gücün 5 % həcmində güc artımı yaradılmış və digər generatorlarda EHQ vektorunun yeni bucağı fiksə olunmuşdur.

Cədvəl 3.1.-də müxtəlif rejim və inkişaf sxemləri üçün məxsusi sinxronlaşdırıcı gücün qiymətləri təqdim olunmuşdur.

Cədvəl 3.2.-də qarşılıqlı sinxronlaşdırıcı əlaqələr təqdim olunmuşdur.

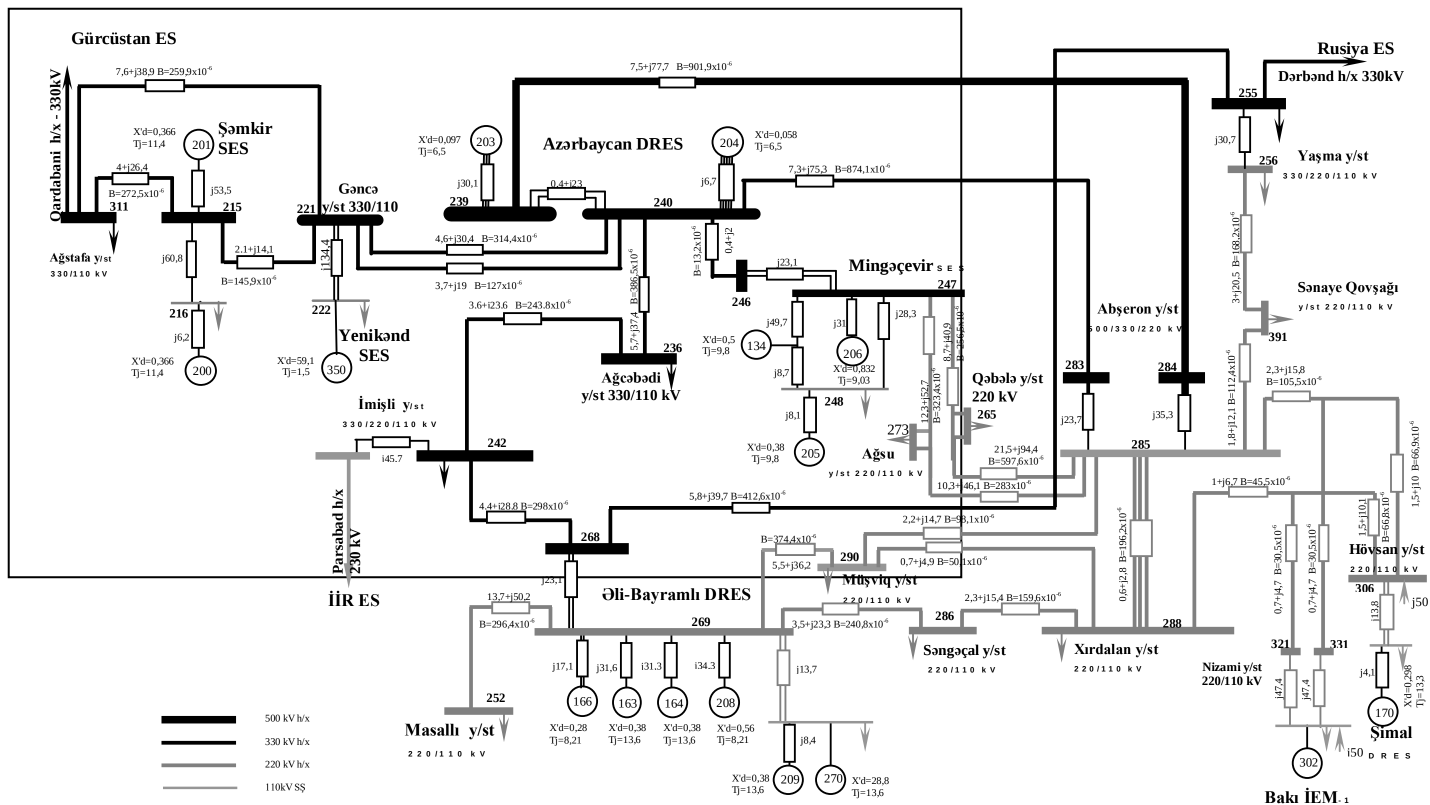
Cədvəl 3.3.-də isə eyni variantlar üçün generatorların EHQ vektorlarının bucaq surətlərinin dəyişməsi öz əksini tapmışdır.

Aparılmış çoxsaylı hesabatların nəticələrinin bəzilərinin analizlərini nəzərdən keçirək.

Enerjisistemin 4100 MVt rejimi, sxem normaldır

Enerjisistemin gücünün artırılması hər yerdə məxsusi sinxronlaşdırıcı güclərin azalmasına gətirib çıxarır (cədvəl 3.1, 2 və 3-cü sətirlərin müqayisəsi). Bu praktiki olaraq bütün generatorları o cümlədən, "Azərbaycan" DRES və "Şimal" BQQ əhatə edir. Bu generatorlar əvvəlki kimi zəif olaraq qalırlar. Sinxron generatorların bucaqlarının dəyişmə surəti artır (cədvəl 3.3, 2 və 3 –cü sətirlərin müqayisəsi)

Müqayisədə "Azərbaycan" DRES və "Şimal" BQQ – nin EHQ vektoru bucaqlarının dəyişmə sürəti daha kəskin artır (cədvəl 3.3, 2 və 3 –cü sətirlərin müqayisəsi)



Şək. 3.3 Azərbaycan ES-in əsas 500/330/220 kV şəbəkə üzrə əvəzetmə sxemi

Enerjisistemin 4100 MVt rejimi, sxem normaldır. "Şimal" BQQ-nin ikinci növbəsi işə qoşulmuşdur.

Enerjisistemin inkişaf proqramına uyğun olaraq "Şimal" BQQ-də ikinci növbənin işə daxil edilməsi və beləliklə stansiyanın gücünün 800 MVt-a çatdırılması nəzərdə tutulmuşdur. Məxsusi sinxronlaşdırıcı güc qismən artır, lakin sinxronlaşdırcı gücün dinamikasında keyfiyyət dəyişikliyi baş vermir (cədvəl 3.1, 3 və 4-cü sətirlərin müqayisəsi).

Anoloji nəticələri sinxron generatorların EHQ vektorlarının bucaqlarının dəyişmə sürətinə də aid etmək olar (cədvəl 3.3, 3 və 4 –cü sətirlərin müqayisəsi).

Enerji sistemin 4800 MVt rejimi, sxem normaldır.

Bu variant ES –in yaxın inkişaf mərhələsində həm sxemin , həm də rejimin əsaslı dəyişməsi ilə əlaqədardır: dövrəvi sxem gücləndirilr, İran İslam Respublikası ilə yeni dövlətlərarası EBX –nin tikintisi və s. (şəkil 3.3).

Məxsusi sinxronlaşdırıcı güclər qismən azalmışlar (cədvəl 3.1, 4 və 5 –ci sətirin müqayisəsi). "Azərbaycan" DRES və "Şimal" BQQ generatorları zəif olaraq qalırlar. Eyni zamanda yerni güclər daxil edildiyinə görə "Şərq - Qərb" en kəsiyinin sinxronlaşdırıcı əlaqələrinin bərabərləşməsi müşahidə olunur (cədvəl 3.2 və 3.4). Əvvəlki rejimlərdə (3700 MVt, 4100 MVt) belə hal , müşahidə olunmamışdır.

Beləliklə,sxem və rejimlərin dəyişmə sərhədlərində daha zəif element olaraq, "Azərbaycan" DRES və "Şimal" BQQ generatorları qalırlar. Məhz bu gemeratorlar dayanıqlığa görə tədqiqat obyekti olmalıdırlar.

Təklif olunan sadə metodika EES –in sxem və rejimlərinin dəyişikliyi şəraətində, enerji sistemin əsas parametrlərindən biri olan dayanıqlığın dəyişmə dinamikasının idarə olunmasına inmkan yaradır.

Azərbaycan ES-in fəaliyyətə olan və perspektiv sxem və rejimlər üçün məxsusi sinxronlaşdırıcı gücün qiymətləri.

Cədvəl 3.1

	Sxemlər / Rejimlər	Min SES 134	Ə/B DRES 163	Ə/B DRES 164	Ə/B DRES 166	Şimal DRES 170	Şəmkir SES 200	Şəmkir SES 201	Az DRES500 кB 203	Az DRES 330 кB 204	Min SES 205	Ə/B DRES 208	Ə/B DRES 209	Ə/B DRES 270	Bakı İEM-1 302	Yenikənd SES 350
1	3700 MVt 6 Mingəçevir h/x 330kVacıq	0,33	0,62	1,2	0,85	0,578	0,233	0,24	0,214	0,18	0,287	0,727	0,75	0,83	0,277	0,34
2	3700 MVt normal sxem	1,885	1,508	1,4	1,16	0,673	1,214	1,433	0,487	0,461	1,610	1,377	1,224	1,326	1,296	1,37
3	4100 MVt norm sxem BQQ-400 Şimal DRES	1,67	1,23	1,29	1,05	0,53	1,19	1,31	0,412	0,35	1,48	1,27	1,1	1,2	1,33	1,23
4	4100 MVt norm sxem 2 BQQ-400 Şimal DRES	1,74	1,45	1,34	1,08	0,72	1,26	1,38	0,434	0,6	1,54	1,32	1,18	1,21	1,21	1,25
5	4800 MVt norm sxem 2 BQQ-400 Şimal DRES-də struktur dəyişiklikləri	1,3	1,4	1,34	1,11	0,7	1,14	1,2	0,39	0,4	1,28	1,34	1,15	1,4	1,4	1,3

*Cədvəldə - əvəzetmə hesabat sxemində generatorların nömrələri

Azərbaycan ES-nin generatorları arasında sinxronlaşdırıcı əlaqə.

(Rejim 3700 MVt, sxem normaldır) Cədvəl 3.2

	Min 134	Ə-B 163	Ə-B 164	Ə-B 166	Şim 170	Şəm 200	Şəm 201	AzDR 203	AzDR 204	Min 205	Ə-B 208	Ə-B 209	Ə-B 270	Bakı İEM -1 302	Yeni kənd 350
Min SES134		-6,23	-6,66	-6,23	-6,1	-5,41	-5,51	-5,73	-5,62	-4,62	-6,66	-6,1	-6,23	-4,43	-5,51
Ə-B DRES163	-5,31		-4,85	-5,31	-5,31	-5,41	-5,41	-5,41	--5,31	-4,85	-4,85	-4,85	-4,85	-5,62	-5,41
Ə-B DRES 164	-5,41	-4,85		-3,85	-5,31	-5,31	-5,31	-5,41	-5,41	-5,41	-5,31	-4,93	-4,85	-5,85	-5,41
Ə-B DRES 166	-4,81	-2,53	-2,56		-2,78	-2,81	-2,84	-2,84	-2,84	-2,81	-2,56	-2,56	-2,56	-2,98	-2,84
Şimal DRES 170	-5,52	1,55	-1,59	-0,55		-1,52	-1,53	-1,525	-1,54	-1,52	-1,6	-1,53	-1,54	-3,02	-1,53
Şəmkir SES 200	-3,77	-4,15	-4,55	-4,15	-4,15		-3,25	-3,82	-3,82	-3,67	-4,62	-4,15	-4,15	-6,23	-3,41
Şəmk. SES 201	-3,77	-4,15	-4,55	-4,15	-4,1	-3,22		-3,82	-3,78	-3,67	-4,62	-4,1	-4,15	-6,1	-3,41
AzDRES 203	-0,68	-0,74	-0,81	-0,74	-0,73	-0,64	-0,65		-0,68	-0,66	-0,72	-0,73	-0,73	-1,14	-0,64
AzDRES 204	-0,6	-0,66	-0,72	-0,66	-0,66	-0,57	-0,57	-0,6		-0,58	-0,73	-0,66	-0,65	-0,99	-0,57
Min SES 205	-4,78	-6,66	-7,16	-6,16	-6,51	-5,73	-5,85	-6,1	-0,6		-7,16	-6,51	-6,51	-8,68	-5,85
Ə-B DRES 208	-5,41	-4,85	-4,94	-4,85	-5,31	-5,31	-5,41	-5,41	-5,41	-5,41		-4,85	-4,94	-5,85	-5,41
Ə-B DRES 209	-4,48	-4,15	-4,1	-4,15	-4,48	-4,48	-4,55	-4,55	-4,55	-4,48	-4,04		-3,68	-4,7	-4,55
Ə-B DRES 270	-4,41	-4,15	-3,82	-4,15	-4,41	-4,48	-4,55	-4,48	-4,48	-4,48	-3,77	-3,68		-4,1	-4,55
Bakı İEM1302	-4,41	-6,22	-6,36	-6,22	-5,12	-6,1	-6,1	-6,1	-6,22	-6,1	-6,36	-6,1	-6,22		-6,1
Yenikənd SES 350	-5,62	-6,37	-6,82	-6,37	-6,23	-5,21	-5,31	-5,73	-5,62	-5,51	-6,82	-6,23	-6,23	-8,95	

Azərbaycan enerji sisteminin elektrik stansiyalarının sinxron generatorlarının EHQ bücaqlarının dəyişmə surətləri Azərbaycan enerji sisteminin mövcud və perspektiv rejim və sxemləri üçün .

Cədvəl 3.3

	Sxema, rejim	Min.SES 134	Ə-B DRES 163	Ə-B DRES 164	Ə-B DRES 166	Şimal DRES 170	Şəmkir SES 200	Şəmkir SES 201	АзГРЭС 500 кВ 203	АзГРЭС 330 кВ 204	Min. SES 205	Ə-B DRES 208	Ə-B DRES 209	Ə-B DRES 270	Bakı İEM-1 302	Yenikənd ES 350
1	3700 MVt 6 Mingecevir h/x 330 kV-luq acıq	2,97	0,98	0,81	1,3	1,69	4,19	4,06	4,54	5,4	3,44	1,34	1,15	5,61	3,52	4,08
2	3700 MVt norm.sxem	0,517	0,646	0,694	0,84	1,448	0,802	0,68	1,999	2,113	0,605	0,707	0,796	0,734	0,751	0,711
3	4100 MVt norm.sxem BQQ-400 Şim.DRES	0,585	0,711	0,755	0,932	1,836	0,816	0,745	2,363	2,765	0,656	0,765	0,887	0,809	0,731	0,792
4	4100 MVt norm.sxem 2 BQQ 400 Şim.DRES	0,561	0,673	0,728	0,901	1,350	0,772	0,704	2,261	1,640	0,632	0,738	0,826	0,772	0,806	0,782
5	4800 MVt norm.sxem 2 BQQ-400 Şim.DRES strukt.dəyişik-ləri	0,751	0,694	0,872	0,988	1,431	0,850	0,809	2,342	2,666	0,758	0,748	0,843	0,765	0,850	0,795

Azərbaycan ES generatorlar arasında sinxronlaşdırıcı əlaqə.
(Rejim 3700 MVt, 330kV 6 Mingəçevir EVX-i acıqdır.)

	Min 134	**Ə-B 163**	**Ə-B 164**	**Ə-B 166**	**Şim 170**	**Şəm 200**	**Şəm 201**	**AzDR 203**	**AzDR 204**	**Min 205**	**Ə-B 208**	**Ə-B 209**	**Ə-B 270**	**Bakı İEM1 302**	**Yeni-kənd 350**
Min SES 134		-0,53	-0,720	-0,62	-2,290	-0,270	-0,280	-0,380	-0,300	-0,320	-0,520	-0,62	-0,160	-0,240	-0,270
Ə-B DRES 163	-0,363		-0,755	-6,65	-2,07	-0,273	-0,273	-0,373	-0,291	-0,327	-0,527	-9,36	-0,164	-0,245	-0,273
Ə-B DRES 164	-0,363	-0,81		-0,69	-2,07	-0,273	-0,273	-0,373	-0,291	-0,327	-0,527	-6,36	-0,164	-0,245	-0,273
Ə-B DRES 166	-0,343	-4,34	-0,890		-1,51	-0,262	-0,262	-0,348	-0,281	-0,305	-0,595	-9,04	-0,162	-0,257	0,262
Şimal DRES 170	-0,308	-2,09	-1,14	-1,91		-0,240	-0,240	-0,315	-0,258	-0,278	-0,700	-3,50	-0,168	-0,293	-0,240
Şəmkir SES 200	-0,353	-0,37	-0,767	-11,02	-1,97		-0,266	-0,360	-0,287	-0,313	-0,540	-7,16	-0,160	-0,247	-0,266
Şəmkir SES 201	-0,353	-0,37	-0,767	-11,02	-1,97	-0,266		-0,360	-0,287	-0,313	-0,540	-7,16	-0,160	-0,247	-0,266
AzDRES 203	-0,235	-0,853	-0,35	-0,819	-0,661	-0,192	-0193		0,208	-0,220	-1,37	-1,05	-0,173	-0,358	-0,195
AzDRES 204	-0,223	-0,749	-0,741	-0,723	-0,603	-0,183	-0,183	-0,233		-0,208	-1,76	-0,90	-0,180	-0,381	-0,186
Min SES 205	-0,362	-0,87	-0,713	-0,42	-2,35	-0,277	-0,277	-0,372	-0,298		-0,511	-4,40	-0,160	-0,245	-0,277
Ə-B DRES 208	-0,364	-0,81	-0,755	-0,65	-0,207	-0,273	-0,273	-0,373	-0,291	-0,327		-6,36	-0,155	-0,245	-0,273
Ə-B DRES 209	-0,362	-15,08	-0,777	-8,95	-1,91	-0,269	-0,277	-0,369	-0,292	-0,323	-0,546		-0,162	-0,269	-0,269
Ə-B DRES 270	-0,362	-15,08	-0,777	-8,95	-1,91	-0,269	-0,277	-0,369	-0,292	-0,323	-0,546	-11,94		-0,246	-0,269
Bakı İEM-1 302	-0,372	-0,53	-0,723	-0,30	-2,00	-0,277	-0,277	-0,372	-0,298	-0,330	-0,521	-4,85	-0,160		-0,277
YenikəndSES 350	-0,370	-0,35	-0,720	-0,31	-2,31	-,270	-0,280	-0,380	-0,300	-0,320	-0,510	-4,55	-0,160	-0,240	

3.5. Enerji sistemlərin dayanıqlıq hesabatlarının aparılma şərtlərinin tədqiqi

EES-in dayanıqlığının analizinə keçməzdən əvvəl, dayanıqlıq göstəricilərnin birmənalılığını istisna edən bir sıra sualların həll olunması zəruridir.

Onların təkibində:

- Enerji sistemin dayanıqlıq hesabatlarında yüklərin təsvir olunma üsullarının seçilməsi;
- Rejimin ağırlaşdırma üsulu;
- dayanıqlıq hesabatlarında EES-in konservativ təsvirinin əsaslandırılması.

Bu suallar əhəmiyyətli dərəcədə konkret baxılan enerji sistemin xarakter xə xüsusiyyətlərindən asılıdır.

Yüklərin təsvir üsullarının seçilməsi

Hazırda əksər enerji sistemlərdə olduğu kimi, Azərbaycan enerji sistemində də sistemin düyün nöqtələrində yüklərin real tərkibini göstərən, onların statik xarakteristikaları (YSX) yoxdur. Azərbaycan ES–də YSX müəyyən olunması üçün sonuncu dəfə eksperimental tədqiqat işləri ötən əsrin 60-cı illərinə təsadüf edir [81]. ES-də bü müddət ərzində yüklərin tərkibi kəskin dəyişikliyə məruz qalmışdır. Xüsusən belə dəyişikliklər 90-cı krizis illərinə aiddir. Bu idən başlayaraq sənaye sektorunda elektrik enerjisi sərfinin azalması və məişət sektorunda isə elektrik enerjisinin sərfinə olan tələbatın kəski artmış və ümümən elektrik enerjisinə tələbatın azalması baş vermişdir [82].

Eyni zamanda məlumdur ki, yük və onların tərkibi, müxtəlif təsirlər nəticəsində baş verən keçid proseslərinə kifayət qədər təsir edir.

Hesabatlarda bu təsirləri nəzərə almaq üçün yüklər $P=f(U,f)$ və $Q=\varphi(U,f)$ kimi öz xarakteristikaları ilə təsvir olunmalıdır. Bu xarakteristikaların forması sistemin davranışına və rejiminə təsir edir.

Sadələşmiş hesabatlarda yükləri sabit müqavimətlərlə təsvir edirlər.

YSX də sadə formada təsvir oluna bilər.

$$P_{нагр} = P_{н} \left[a_0+a_1 (U/U_{н}) + a_2 (U/U_{н})^2 + a_3 (f/f_{н})\right]$$

(3.21)

$$Q_{нагр} = Q_{н} \left[b_0+b_1 (U/U_{н}) + b_2 (U/U_{н})^2 + b_3 (f/f_{н})\right]$$

Müxtəlif düyün nöqtələrinin müxtəlif strukturu ola bilər. Enerjisistemlərdə formalaşmış hesabat təcürbəsi və eksperiment tədqiqatlar [83] yükləri növbəti siniflərə bölməyə imkan verir.

Aktiv gücə görə:

- dominant yükləri olmayan qarışıq yüklü düyün nöqtələri ;
- sənaye yükləri üstünlük təşkil edən düyün nöqtələri;
- böyük sənaye yükləri olmayan düyün nöqtələri;

Reaktiv gücə görə :

- aktiv güc mürəkkəbəsi $P \geq 70\ \%\ P_{gün.max}$ təşkil edən düyün nöqtələri;
- aktiv güc mürəkkəbəsi $P \approx 50 \div 70\ \%\ P_{gün.max}$ təşkil edən düyün nöqtələri;

Azərbaycan EES-in nümünəsində yüklərin tərkibinin ES-in müxtəlf təsirlərdən güc ötürmə həddinə təsirinin qiymətləndirilməsi məsləsinin vacibliyi aşağıdakı araşdırmaların aparılmasını zıəruri edir.

Tədqiqat obyekti kimi, dayanıqlqığın təmin olunması şərtinə görə "Şərq" en kəsiyinin güc ötürmə qabiliyyəti

baxılır. Təsirlər keyfiyyətində “Azərbaycan” DRES- in yaxınlığında q.q və 500 kV-luq 2-ci Abşeron EVX-nin açılması halları nəzərdən keçirilir. EES-in rejim və struktur xüsusiyyətlərini nəzərə alasaq bu daha ağır təsirdir. Çoxvariantlı hesabatların analizi növbəti nəticələrə gətirib çıxarır:

1. Rejim hesabatlarında sadələşmiş variantlardan biri müqavimətlərin sabit kimi nəzərə alınmasıdır. Ağırlaşmış rejimlərdə gərginliklərin düyün nöqtələrində aşağı düşməsi hallarında rejimin balanslaşırılmasına tələbatın aşağı salınması ilə nail olunur. Belə azalmanın dərəcəsi, yüklərin gücünün gərginliklərdən, müqavimətlərin sabit qiymətində, kvadrat asıllığı ilə müəyən olunur. Belə şəraitdə dayanıqlıq şərtinə görə ötürülən güc həddinin artıq olması etimalı yüksəkdir. EES-in bu göstəricisinin təyin olunmasında xətanın hansı səviyyədə olmasını bilmək vacibdir. Cədvəl 3.5.-də yüklərin sabit təsviri variantı üçün “Şərq” en kəsiyinin ağırlaşdırılmış rejimlərinin hesabatları göstərilmişdir. 500 kV-luq 2-ci Abşeron EVX-nin sadə açılması halında enerjisistemin dayanıqlığı en kəsikdə yüklərin qiymətinin 1573 MVt həddində pozulur.

2. Cədvəl 3.6-da müxtəlif düyün nöqtələrində YSX – nin (3.21) müxtəlif əmsalları üçün (2.2), 500 kV-luq 2-ci Abşeron EVX-nin sadə açılması halında enerji sistemin dayanıqlığının pozulması hallarını əks etdirən rejimlərin hesabatının nəticələri göstərilmişdir.

$$a_0=1 \qquad b_2=1 \qquad (3.22)$$

Bu yüklərin aktiv güclərinin gərginlikdən asılı olmadığını və reaktiv güclərinin isə gərginlikdən kvadratik asılı olduğunu göstərir.

Cədvəl 3.5

N	P_{Σ} en kəsikdə, MVt		2-ci Abş MVt	2-ci Abş MVt	Ağsu, MVt	Qəbələ MVt	δ, ⁰ AzDRES-500 Dağıstan	δ, ⁰ AzDRES-330 ŞimDRES
1	İlkin rejim	1408	736	359	144	169	37,5	39
	EVX-nin açıq vəziyyəti	900	-	480	205	215	46	39
	Qəzadan sonrakı rejim	1280	-	674	304	302	71	83
2	İlkin rejim	1514	791	385	157	181	41,6	42,6
	EVX-nin açıq vəziyyəti	963	-	511	222	230	51	43
	Qəzadan-sonrakı rejim	1282	-	656	317	309	100	117
3	İlkin rejim	1544	806	392	161	185	44	43,8
	EVX –nin açıq vəziyyəti	979	-	519	226	234	53	44
	Qəzadan sonrakı rejim	1216	-	614	305	297	111	126,6
4	İlkin rejim	1573	813	399	166	189	45	44,7
	EVX –nin açıq vəziyyəti	997	-	527	232	239	55	44,7
	Qəzadan-sonrakı rejim	Dayanıqsız t=3,67 san				δ=180,9°		

Cədvəl 3.6

<table>
<tr><th>Düyün nöqtələrində YSX qoşulması</th><th>P_Σ, MVt,</th><th>t_c</th><th>Düyün nöqtələrində YSX qoşulması</th><th>P_Σ, MVt</th><th>t_c</th></tr>
<tr><td>Qəydiyyatsız</td><td>1573</td><td>3,67</td><td rowspan="4">Daqenerqo (532)
Binəqədi (293)
SİEM-1 (282)
Xırdalan 289)
SİEM-2 (272)
Muşviq (291)
Ramana (301)
BİEM-1 (302)
Əhmədli (304)</td><td rowspan="4">1352</td><td rowspan="4">5,74</td></tr>
<tr><td>Daqenerqo (532)*</td><td>1539,7</td><td>3,7</td></tr>
<tr><td>Daqenerqo (532)
Binəqədi (293)</td><td>1493</td><td>3,71</td></tr>
<tr><td>Daqenerqo (532)
Binəqədi (293)
SİEM-1 (282)</td><td>1456</td><td>4,3</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Daqenerqo (532)
Binəqədi (293)
SİEM-1 (282)
Xırdalan (289)</td><td rowspan="2">1431</td><td rowspan="2">4,8</td><td>Abşeron hissənin bütün düyün nöqtələrində</td><td>1245</td><td></td></tr>
<tr><td>Qalan hissənin bütün düyün nöqtələrində</td><td>1104</td><td></td></tr>
</table>

* Mötərizədə düyün nöqtələrinin nömrəsi əvəzetmə sxeminə uyğun göstərilmişdir.

Göründüyü kimi, düyün nöqtələrində YSX-nin (3.22) şəkilində nəzər alınması, en kəsikdə yükün ötürülmə həddinin aşağı düşməsi ilə nəticələnir. Eni zamanda, YSX-nin nə qədər çox düyün nöqtəsində nəzərə alınırsa, en kəsikdə yükün dayanıqlığa görə ötürülmə həddi bir o qədər aşağı düşür. Sinxronizmdən çıxma prosesinin uzanması xarakteridir.

3. YSX-nin $a_0=1$, $b_0=1$ *və* $a_0=1$, $b_1=1$ şəkilində nəzərə alınması, , en kəsikdə yükün ötürülmə həddinin dəyişməsinə (artmasına) bir o qədər təsir etmir, yalnız reaktiv gücün qismən dəyişməsinə təsir edir.

4. Hesabatlarda YSX-nin akiv və reaktiv gücə görə 24 variantı nəzərdən keçirilmişdir. Bu variantlar “Mustanq” proqramının təlimatında təklif olunmuş və çoxsaylı hesabatlarda və eksperimental tədqiqatlarda istifadə olunmuşdur [83,84].

Cədvəl 3.7.-də göstərilmiş nəticələrin analizi göstərir ki, atkiv və reaktiv gücə görə YSX , en kəsikdə yükün dayanıqlığa görə ötürülmə həddinə təsiri müxtəlifldir. Belə ki, YSX-nin reaktiv gücə görə dəyişməsi, , yükün ötürülmə həddinin cəmi 1,7 %, YSX-nin aktiv gücə görə dəyişməsi isə yükün ötürülmə həddinin 16 % kimi dəyişməsi ilə nəticələnir. Ona görə də, YSX -nin aktiv gücə görə dəyişməsinə olan tələblər daha ciddi olmalıdır.

Cədvəl 3.7

	Q-yə görə YSX variantları / P-yə görə YSX variantları	P≥70 % $P_{gün.max}$		P~50÷70 % $P_{gün.max}$	
		1	2	3	4
Ümumi hal	1	1450	1450	1438	1426
	2	1528	1528	1521	1514
Sənaye yükləri üstünlük təşkil edir	3	1386	1386	1375	1363
	4	1444	1444	1432	1420
İri sənaye müəssisələri yoxdur	5	1514	1514	1507	1493
	6	1613	1613	1613	1604

5. Əvvəlki hesabatlarda variantlara görə bütün düyün nöqtələrində YSX eyni qəbul olun muşdur. Lakin müxtəlif düyün nöqtələrində yüklərin tərkibi müxtəlif olduğunu nəzərə alaraq, YSX-nin müxtəlif variantları müxtəlif düyün nöqtələri üzrə paylanmaqla hesabatlar aparılmışdır. YSX-nin paylanmasında, düyün nöqtələrində yüklərin təqribi tərkibi əsas kimi, qəbul olunmuşdur.

Cədvəl 3.8-də Azərbaycan enerji sistemi üçün yükün təkibinə görə daha münasib YSX-in müxtəlif variantlarında 500 kV-luq 2-ci Abşeron EVX-nin açılması halında qeyri dayanıqlı rejimlər göstərilmişdir.

Cədvəl 3.8

N	Qovşaqlar üzrə YSX-nin paylanması	P_Σ, MVt	2-ci Abşeron	1-ci Abşeron	Ağsu	Qəbələ	δ^0	δ^0
1	Abşeron qovşağı	1386	726	353	141	167	36,9	38,8
2	Digər qovşaqlar	1299	686	328	129	156	34	37
3	Bütün enerji-sistem	1327	699	336	133	159	35	37

I variant: $P = 0,1 + 0,9\,(U/U_н) + 0\,(U/U_н)^2 + 1,2\,(f/f_н)$

$$Q = 5,7 - 12,4\,(U/U_н) + 7,7\,(U/U_н)^2 - 3,2\,(f/f_н) \quad (3.23)$$

II variant. $P = 0,4 + 0,6\ (U/U_н)\ + 0\ (U/U_н)^2 + 1,5\ (f/f_н)$

$$Q = 5,7 – 12,4\ (U/U_н) + 7,7\ (U/U_н)^2 – 3,2\ (f/f_н)$$

Cədvəldən göründüyü kimi, “Şərq” en kəsiyinin yük ötürülmə həddi 1300-1390 MVt çərçivəsində yerləşir.

6. Yuxarıda təsir kimi, 2-ci Abşeron 500 kV-luq EVX-nin sadə açılması variantına baxılmışdır. YSX-nin 2-ci variantı üçün (sənaye yükləri üstünlük təşkil etdiyi halda) t = 0,16 saniyədən sonra 2-ci Abşeron 500kV-luq EVX-nin açılması şərtilə, Abşeron düyün nöqtəsində bir - ikifazlı q.q. və “Azərbaycan” DRES-in yaxınlığında yerlə ikifazlı q.q. hallarına baxılmışdır.

Cədvəl 3.9.-da müqayisə üçün yük ötürmələrinin hədd rejimlərinin hasabatları verilmişdir. YSX-nin 2-ci variantında en kəsikdə yüklərin ötürulmə hədləri 1250-1360 MVt intervalında yerləşir.

Cədvəl 3.9, MVt

YSX	Təsirlərin forması	P_Σ	2 Ab-şeron	1 Ab-şeron	Ağsu	Qəbələ	δ^0	δ^0
Var.2	2-ci Abşeron EVX-in sadə açılması	1363	715	346	138	164	36	38
	Birfazlı q.q.	1352	710	343	136	163	36	38
	İkifazlı q.q.	1330	699	337	137	160	35	37
	Yerlə ikifazlı q.q.	1249	663	314	122	150	33	35

Yuxarıda qeyd olunanlrı ümumiləşdirərək aşağıdakı nətcilərə gəlmək olar.

1. Azərbaycan EES üçün dayanıqlıq rejimlərinin hesabatlarını apararkən yüklər öz xarakteristikaları ilə nəzərə alınmalıdır. Bu əsaslandırılmamış dayanıqlıq hədilərinin artırılmasının istisna olunmasına imkan verir.

2. Dayanıqlıq hesabatlarının nəticələrinə YSX-nin reaktiv gücə görə əmsalları daha az təsir edir. YSX-nin aktiv gücə görə əmsalları yüklərin ötürülmə hədlərənə daha çox təsir edir.

3. Azərbaycan EES üçün düyün nöqtələri arasında bölməklə YSX-in iki forması (3.23) təklif olunur.

4. Azərbaycan EES üçün YSX-nin düyün nöqtələri arasında təklif olunan formasının paylanmasını nəzərə almaqla, daha ağır təsir kimi qəbul olunmuş "Azərbaycan" DRES –in yaxınlığında q.q. –nin ağırlığından asılı olaraq, dinamik dayanıqlığa görə " Şərq" en kəsiyinin yük ötürülmə həddinin 1250÷1360 MVt intervalında yerləşməsini hesab etməkj olar.

Ağırlaşma üsulunun seçilməsi

Statik dayanıqlığa görə yük ötürülmə hədlərinin birmənalı olmaması, enerji sistemin xüsusiyyətləri ilə əlaqədardır. ES-in bu xüsusiyyətləri ilk növbədə generasiya güclərinin və yüklərin paylanması, izafi yüklü və defisit enerji qovşaqlarının yerləşməsi və s. ilə təyin olunur. Ona görə də hər enerjisitem üçün ağırlaşma üsulunun hesabat – eksperiment əsasında alınması məqsədəuyğundur.

Azərbaycan ES-nin strukturunu nəzərə alalraq əvvəlcə ağıraşdırmanın növbəti iki üsuluna baxaq:

- Abşeron enerji qovşağında elektrik stansiyalarının güclərinin azaldılması;
- Abşeron enerji qovşağında yüklərinin artırılması.

Hər iki variant "Şərq" en kəsikdə yük ötürmələrinin artmasına gətirib çıxarır.

Yüklərin maksimum ötürülmə hədləri hesabatları Dövlətlərarası 330 kV-luq "Yaşma – Dərbənd" EVX –nin əsas en kəsiyə daxil etməklə təyin olunur. Eyni zamanda hesabatlarda yüklərin ötürülmə həddi məhdudiyyətləri nəzərə alınmadan (P_{max} -suz) , "Azərbayacan" DRES-in

imkan gücünü, düyün nöqtələrində gərginliklərin 0,8 U_H və EVX-də cəryanların 10% I_H şərtləri nəzərə alınır.

Normal və qəzadansonrakı rejimlərin hesasbatlarının nəticələri Cədvəl 3.10 -da göstərilmişdir.

Cədvəl 3.10

Sxemlər	Stansiyanın gücünün azaldılması (MVt)		Yüklərin artırılması (MVt)	
	P_{max}	$P_{bur\ bilən}$	P_{max}	$P_{bur\ bilən}$
Normal sxem	1947	1581	1788	1448
500 kV-luq 2 Abşeron EVX-nin açılması	1429	1243	1322	1130
330 kV-luq 1 Abşeron EVX-nin açılması	1660	1418	1553	1392
330 kV-luq 6 MingəçevirEVX-nin açılması	1670	1462	1505	1347
220 kV-luq 2 Mingəçevir EVX nin açılması	1885	1673	1754	1578
220 kV-luq 1 Mingəçevir EVXnin açılması	1804	1624	1678	1507
330 kV-luq Dərbənd h/x açıq	1854	1373	1681	1373

Nəticələrin analizi göstərir ki, stansiyalardan yük çıxartmaq üsulu ilə rejimlərin ağırlaşdırılması P_{max} və P_{burx} qiymətlərinin artması ilə nəticələnir.

Növbəti nümunə kimi, "Şimal" BQQ –nin iki bloklu (800 MVt) rejimi və enerjisistemin 4800 MVt rejimi üçün baxılmışdır.

Rejimin ağırlaşdırılması üç üsulla həyata keçirilmişdir:

- "Şimal" BQQ-nin bloklarını güclərinin azaldılması (variant 1);
- "Şimal" BQQ-nin və "Əli-Bayramlı" DRES-in bloklarının güclərinin mütənasib aşağı salınması və 330 kV-luq "Dərbənd" EVX-də yük axınının azaldılması (variant 2);
- Abşeron enerji qovşağında yüklərin artırılması (variant 3).

İlkin rejimin P_0 = 1653 MVt qiymətində en kəsiyin P_{max} hesablanmış qiymətləri Cədvəl 3.11.-də göstərilmişdir.

Cədvəl 3.11

	1	2	3
P_0, MVt	1653	1653	1653
P_{max}, MVt	2104	2216	1939
Ke, %	27,3	34,1	17,3

Defisit Abşeron düyün nöqtəsində yüklərin artırılması en kəsiyin yük ötürülmə qabiliyyətini azaldır və statik dayanıqlığa görə ehtiyat əmsalı da normativ qiymətlərdən aşağı düşür (hətta tənzimlənməyən rəqslərin iştirakı belə nəzərə alınmazsa).

Əldə edilmiş nəticələri və "Enerjisistemlərin dayanıqlıqlarını hesablanmasına dair rəhbər göstəriş"in

təkliflərini nəzərə alaraq, yük ötürülmə həddinin daha aşağı qiymətini verən rejimlərin ağırlaşdırma üsulu kimi, yüklərin artırılması üsulunun qəbul olunması məqsədə uyğun hesab edilir.

Azərbaycan enerji sisteminin dayanıqlığının qiymətləndirilməsində energetik yanaşmanın tətbiqinin münasibliyinin qiymətləndirilməsi.

Energetik yanaşmanın tətbiqini əsalandıran vacib şərlərindən biri, ondan ibarətdir ki, EES –in riyazi modelinin konservativ təsvirindən istifadə olunsun, yəni EVX və transformatorların aktiv müqavimətlərinin qiyməti sıfıra bərabər qəbul olunsun.

“Şərq” en kəsiyinin statik dayanıqlığ şərtinə görə yük ötürülmə hədlərinin, enerjisistemin 3700 MVt rejimində aparılmış hesabatları göstərdi ki, aktiv müqavimətlərin nəzərə alınmaması yük ötürulmə həddinin cəmi 3,2 % (1966-dan 2029 MVt-a kimi) artmasına səbəb olmuşdur ki, bu da praktik baxımdan bir o qədər əhəmiyyətli deyil. Məhdudiyyətlər şəraitində bu fərq daha da azalacaqdır. İtkilər olmayan şəraitdə ilkin rejim də dəyişməyə (1295-dən 1168 MVt-a kimi) məruz qalır. Yük ilkin rejimdə gücün aşağı qiymətlərində təmin olunur, yəni, potensial enerjinin minumum qiyməti aşağı bucaqlarda təmin olunur və ilkin rejim həmçinin dayanıqlıdır.

Beləliklə Azərbaycan enerji sisteminin dayanıqlıq rejimlərin hesabatında energetik yanaşmanın əsasında işlənmiş ekspres metod yararlıdır.

3.6. Dinamik dayanıqlığın qiymətləndirilməsi üçün ekspres metodun tətbiqi

Layihə və istismar təcürbəsində dinamik dayanıqlıq təsir faktorunun açılma zamanının həddinin təyin olunması üsulu ilə qiymətləndirilir. Bu üsulun metodik əsası ətraflı işlənmiş, rejim və struktur dəyişikliyi şəraititndə seçilmiş zəif elementlərin dinamik dayanıqlıq qabiliyyətlərinin qiymətləndirilməsində istifadə olunmuşdur.

Cədvəl 3.12 –də 330 kV-luq 6-cı Migəcevir EVX-nin açıq, "Şimal" BQQ-nin birinci və ikinci bloklarının qoşulu və yüklərin artırılması rejimlərində açılma zamanlarının hədd qiymətləri göstərilmişdir.

	ES-in gücü 3700 MVt və 6 Mingəcevir EVX-nin açıq rejimi	ES-in gücü 3700 MVt və 6 Mingəcevir EVX –nin qoşulu rejimi	ES-in gücü 4100MVt "Şimal" BQQ-1 qoşulu rejimi	ES-in gücü 4100MVt "Şimal" BQQ-1,2 qoşulu rejimi	4800 MVt rejimi
Az.DRES, 500 kV-luq ŞS	0,31	0,36	0,38	0,35	0,36
Az.DRES, 330 kV-luq ŞS	0,25	0,37	0,32	0,47	0,3
"Şimal" BQQ 110 kV-luq ŞS	0,35	0,38	0,29 (0,33)	0,6	0,7 0,37-0,57
"Şimal" BQQ 220 kV-luq ŞS	-	-	-	0,54	0,66 0,68-0,73

330 kV-luq 6-cı Mingəçevir EVX-nin dairəvi sxemə qoşulması "Azərbaycan" DRES və "Şimal" BQQ-in zəif generatorlarının şinlər yığımı sistemində ağır yerlə ikifazlı q.q. hallarında açılmanın zaman həddinin (t_{hd}) artmasına

səbəb olur ki, bu da dinamik dayanıqlıq səviyyəsinin artması deməkdir. Analoji nəticəyə "Şimal" DRES-in köhnə 150 MVt-lıq blokunu 400 MVt-lıq BQQ ilə əvəz olunma rejimində gəlmək olur [83,84] (Cəd.. 3.13). Eyni cədvələrdə də "Şimal" DRES-ə yaxın 110 kV-luq yarımstansiyalarda (YS) t_{hd} qiymətləri göstərilmişdir.

Cədvəl 3.13, t_{hd} c

110 kV-luq YS	150 MVt-lıq blok	400 MVt BQQ
"Şimal"	0,38	0,29
"Məştağa"	0,73	0,46
"Qala"	0,5	0,35
"Suraxanı"	0,62	0,54
"Ramanı"	0,6	0,55
"8-ci km"	0,66	0,58
"Hövsan"	0,87	0,57

Bu göstəricilərin alınması hesabatı çətinliklərlə əlaqəlidir.Hər bu struktur dəyişikliyi üçün zəif generatorun şininə nisbətən ikifazlı yerlə q.q.-nin şuntunu təyin etmək tələb olunur. Dayanıqlıq hər hansı sinxron generatorun nisbi bucağının diferensial bərabərliklər sisteminin həlli prosesində 180° həddinin keçməsi ilə təyin olunur.

Dinamik dayanıqlıq məsələlərinin həllində ekspres qiymətləndirmə metodunun tətbiqi yuxarıda qeyd olunan çətinliklərdən qaçmağa imkan verir.

Qəza təsirləri həmişə gözlənilməz gücə görə qeyri balansların yaranılmasına gətirib çıxarır. Ağır təsirlər qisaqapanmalarla yox, onların yaratdığı gözlənilməz gücün qeyri balansları ilə təyin olunur.Ona görə də dinamik

dayanıqlığın qiymətləndirilməsində, "sadə keçidin" analizi ilə kifayətlənərək, qısa qapanmanı və zamanın açılma həddinin hesablanmasını nəzər almaq olar.

Buraxıla bilən güc qeyri balansı aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur.

$$\Delta P_g = P_o K_E K_g , \qquad (3.24)$$

burada

P_o – generatorun ilkin rejimdə gücü ;

K_E – ekspres metodun köməyi ilə təyin olunan ilkin rejimdə statik dayanıqlıq ehtiyatı ;

K_g = 0.75

K_g əmsalı tormozlanma və təsirlənmə sahələrinin bərabərlyi şərtinə görə təyin olunur və onun müxtəlif rejim və sxemlər üçün sabit olması ədəbiyyatda [56] isbat olunmuşdur. (3.24) ifadəsinin "Azərbaycan" DRES-in zəif generatoru üçün tətbiqi aşağıda göstərilmişdir.

ES-in 3700 MVt gücündə statik dayanıqlığın təmin olunması şərtinə görə "Azərbaycan" DRES-dən çıxan EVX-lər üçün (500 kV-luq 2-ci Abşeron, 330 kV-luq 1-ci Abşeron, 330 kV-luq 3,4,5,6-cı Mingəçevir EVX), normal, təmir və qəzadansonrakı rejimlərdə (əlavə 2) yük ötürmə hədləri təyin olunmuşdur.

Statik dayanıqlığın ehtiyat əmsalının normativ qiymətlərini və "Azərbaycan" DRES-in 2000 MVt səviyyəsində güc məhdudiyyətini nəzərə alaraq, (3.24) ifadəsinə görə, ilkin rejim və dinamik dayanıqlığın təmin olunması şərtinə uyğun olaraq buraxıla bilən gücün qeyri balansının qiymətləri təyin olunmuşdur. Hesabatın cədvəl 3.14–də təqdim olunmuş nəticələri göstərir ki, ilkin sxem üçün dinamik dayanıqlığın təmin olunmasına görə gücün qeyri balansı 250 MVt (qoyuluş gücün 12,5 %) təşkil edir.

Daha ağır təmir sxemində, 500 kV-luq 2-ci Abşeron EVX-nin açılması ilə əlaqəli rejimlərdə, buraxıla bilən gücün qeyri balansı 187 MVt kimi (25,2 %) azalır ki, o da qoyuluş gücünün 9,4 % -ni təşkil edir. Qəzadansonrakı sxemlərdə ΔP_g 100 MVt (qoyulmuş gücünün 5 %) kimi azalır.

Dinamik dayanıqlığın təmin olunması şərtinə görə "Azərbaycan" DRES-də buraxıla bilən gücün qeyri-balansının hesabatı

Cədvəl 3.14

№	Rejimlərin sxemi	P_o, MVt	P_{bb}, MVt	K_E, %	ΔP_g, MBт	Az. DRES-in gücü MVt	Yüklənmə əmsalı
1	İlkin sxem və rejim	1666	2000*	20	250	1916	0,96
2	Təmir sxemi, 500 kV-luq 2 Abşeron EVX–nin açılması	1739	2000*	15	196	1935	0,97
3	Təmir sxemi, 330 kV–luq 1 Abşeron EVX–nin XAF	1771	1913	8	106	1877	0,94
4	Təmir sxemi, 330 kV-luq 3 Mingəçevir EVX–nin XAF	1618	1747	8	97	1715	0,86
5	Təmir sxemi, 330 kV-luq 4 Mingəçevir EVX–nin XAF	1840	1987	8	110	1950	0,975
6	Təmir sxemi, 330 kV-luq 5 Mingəçevir EVX–nin XAF	1847	1995	8	110	1957	0,979
7	Təmir sxemi, 330 kV-luq 6 Mingəçevir EVX–nin XAF	1852	2000*	8	111	1963	0,982

* "Azərbaycan" DRES-in imkan gücü (məhdudiyyət gücü)

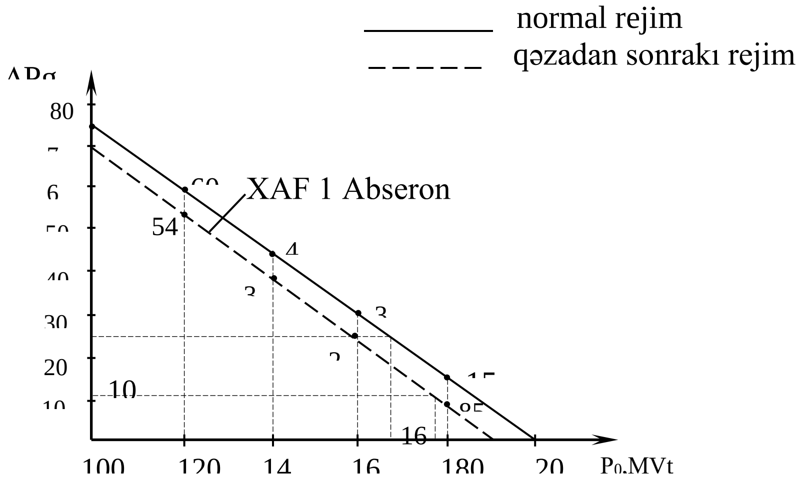
P_{max} -un qiymətlərini bilərək, müxtəlif ilkin sxemlər üçün buraxıla bilən güc qeyri balansını təyin etmək olar.

Cədvəl 3.15-də "Azərbaycan" DRES-də gücünün müxtəlif qiymətləri üçün qəzadansonrakı sxemlərə görə buraxıla bilən gücün qeyri balansının qiymətləri təqdim olunmuşdur. Bu qiymətlərə uyğun şəkil 3.4-də müxtəlif (normal və təmir) sxemlərə görə $\Delta P=f(P_0)$ asılılığı qurulmuşdur. 6-cı Mingəçevir 330 kV-luq EVX-nin XAF-nın normal, təmir və qəzadansonrakı rejim və sxemlər üçün üst-üstə düşməsi, "Azərbaycan" DRES–də qoyuluş gücünə olan məhdudiyyətlə (2000 MVt) bağlıdır.

.

Cədvəl 3.15

P_0	ΔP, normal sxem 500 kV-luq 2-ci Abşeron EVX–nin XAF, 330 kV–luq 6-cı Mingə-çevir EVX–nin XAF	330 kV 1 Ab-şeron EVX–nin XAF	330 kV 3 Mingə-çevir EVX-nin XAF	330 kV 4 Mingə-çevir EVX–nin XAF	330 kV 5 Mingə-çevir EVX–nin XAF
1000	750	685	560	740	746
1200	600	545	410	590	596
1400	450	385	260	440	446
1600	300	235	110	290	296
1800	150	85	–	140	146
2000	0	–	–	–	–



Şək. 3.4. Dinamik dayanıqlığın təmin olunması şərtinə görə “Azərbaycan” DRES-də buraxıla bilən gücün təyin olunma nomoqramması.

Bu xarakteristikalara görə, “Azərbaycan” DRES-də dinamik dayanıqlığın təmin olunması şərtinə uyğun olaraq, en kəsiyin istənilən rejimi üçün buraxıla bilən gözlənilməz gücün qeyri balansını təyin etmək olar.

$\Delta P = f(P_0)$ xarakteristikası inkişaf faktorunu nəzərə almaqla, enerjisistemin müxtəlif rejimləri üçün qurula bilər və monoqramma kimi istifadə oluna bilər. Belə ki, generatorlarda gözlənilməz olaraq gücün artımını buraxıla bilən səviyyə həddinə endirmək (impuls olaraq gücün azaldılması) üçün ƏQA-nin qoyuluş qiymətini təyin etmək imkanı yaranır.

FƏSİL IV

RELE MÜHAFİZƏSİ VƏ ƏKS-QƏZA İDARƏETMƏ AVTOMATİKASINA OLAN TƏLƏBLƏR VƏ İNKİŞAF KONSEPSİYASI

4.1. Rele mühafizəsi və elektrik avtomatikası

ES-in bütün güc elementləri, elektrik stansiyalarının, yarımstansiyalarının, elektrik şəbəkələrinin elektrik qurğularını qq-dən rejim pozuntularından mühafizə etmək üçün, onlar rele mühafizəsilə, avtomatik açarlarla və ya qoruyucularla elektroavtomatika qurğuları ilə, o cümlədən əks-qəza avtomatikası qurğuları və tənzimləmə qurğuları ilə təmin olunurlar.

Rele mühafizəsinin əsas təyinatı, zədələnmiş elementləri və enerjisistemin düyün nöqtəsini ayırmaqdır. Bununla ES-in zədələnməmiş elementlərinin və onun hissələrinin iş rejimi təmin olunur və zədələnmənin həcmi məhdudlaşdırılır.

Rele mühafizəsi həcminin güc elementlərində və elektrik veriliş xətləri də baş verən digər pozuntuların (ifrat yükləmə, gərginliyin ifrat qalxması və ya düşməsi, neytral izalə edilmiş və ya kompensasiya edilmiş şəbəkələrdə yerlə əlagənin yaranması və s.) aşkar edilib aradan qaldırılmasına xidmət edir.

ES-in elementləri üçün zəruri olan rele mühafizəsi və elektrik avtomatikasının həcmi müəyyən edilmişdir.

Əsas RM və ya açarın imtinası zamanı qq-nın qarşısının alınması üçün müxtəlif ehtiyatlandırma vasitələri və üsulları nəzərdə tutulur: qonşu YS-də- <u>uzaq ehtiyatlandırma</u> və öz YS-də- <u>yaxın ehtiyatlandırma</u>.

Uzaq ehtiyatlandırma vasitələrinə aşağıdakılar aiddir:

- yerlə q.q-dən (sıfır ardıcıllıqlı istiqamətləndirilmiş cərəyan mühafizəsi) və fazalararası qq-dən şoxpilləli ehtiyat RM; uzaqdan idarə edilən RM-in işə düşməsi zamanı teleaçma (xəttin əks tərəfində ucunda qoyulmuş açarın açılmasına göndərilən komanda) qurğusu.
- məsafədə işləyən birinci RM qoşulanda teleaçılma qurğuları (xəttin əks tərəfində quraşdırılmış açara açılma komandasının verilməsi).

RM məqsədləri üçün həm mühafizə olunan hava xəttinin (HX) naqilləri və trosları vasitəsilə siqnalların ötürülməsi ilə yüksək tezlik kanalları, həm də radiorele kanallarından istifadə olunur. Bəzi hallarda rabitənin hər iki növ kanalları tətbiq olunur. Son vaxtlar RM və avtomatika (RMA) və ƏQA-nın məqsədləri üçün HX-dən asılan lifli-optik kabellərlə ötürülən rabitə kanalları geniş istifadə olunmaqdadır.

Enerji sisteminin inkişaf etdikdə, mühafizələrin həssaslığının, qq-dan açılmanın reaktivliyini (cəldliyin) və zəruri birləşmələrin açılmasını selektivliyini təmin olunma şərtlərinə görə qonşu elementlərinin RM vasitəsilə uzaq dairəvi və sistemtəşkiledici şəbəkələrdə ehtiyatlandırmasını həyata keçirilməsi çətin və ya mümkünsüz olur.

Yaxın (yerli) ehtiyatlandırma vasitələrinə aşağıdakılar aiddir:

- açarların imtinasını ehtiyatlandırma qurğusu (AİEQ);
- əvəzetmə-HX-də müxtəlif cərəyan və gərginlik transformatorlarına, sabit əməliyyat cərəyanın və müxtəlif avtomatik açarlarına (qoruyuculara) qoşulmuş və müxtəlif açılma sayğaclarına təsir edən iki bəzən isə üç əsas RM-dən (adətən müxtəlif növlü, məsələn teleaçılma komandası göndərən differensial-fazlı və distansion) istifadə edilməsi; şindən

budaqlanan açılmamış q.q. elementlərində sistem (və ya seksiya).

- şinləri bölən (vasitəsilə uzaq ehtiyatlandırmanı həyata keçirən ehtiyat RM-lərin hərəkətlərinin selektivliyi və həssaslığını artıran) şinlərarası (və ya seksiyalararası) açarlarının xüsusi cərəyan və ya distansion mühafizə.

RM ilə yanaşı texniki diaqnostika vasitələri və eləcə də, qəza məlumatlarının yazılması qurğuları olan mikroprosessor komplekslərinin istifadəsi də genişlənməkdədir. Qəza məlumatlarının yığılması həm baş verən qəza pozuntularının operativ təhlilini, həm də əks-qəza tədbirlərinin düzgünlüyünün qiymətləndirilməsinə və avtomatika qurğularının nasazlığının aşkar edilməsinə imkan verən retrospektiv təhlili dəqiqləşdirir.

Mikroprosessor qurğularının əsas üstünlükləri aşağıdakılardir:

- daima fəaliyyətdə olan özünü diaqnostika hesabına qurğuların işinin yüksək etibarlığı;
- iheyətin hazırlığına və istismara minimal xərclərin çəkilməsi ilə texniki və operativ xidmətlərin sadəliyi;
- istənilən formada xarekteristikaların alınması imkanı;
- qəza cərəyanı və gərginliyinin təsirini əks etdirən qurğunun alınması imkanı;
- şəbəkənin sxeminin və rejiminin dəyişilməsinə avtomatik uyğunlaşması;
- operativ idarəetməsinin hər hansı mərhələsindən işə düşməsi üçün bir reledə qiymətlərin bir neçə komplektinin eyni vaxtda tənzimlənməsi;
- qəza rejimlərində analoq və diskret məlumatların qeydə alınması və onların dispetçer idarəetməsinin hər hansı mərhələsinə ötürülməsi;

- dispetçer idarəçiliyinin hər hansı mərhələsindən normal rejimin parametrlərinə nəzarət edilməsi;
- nəzarət sistemləri ilə birlikdə işləməsi və obyektin idarəedilməsi;
- operativ heyətinə və RMA xidmətlərinə kömək etmək üçün enerji sistemində və ya onun obyektində baş verən hadisələrə nəzarət edən ekspert sistemlərinə daxil olma imkanı.

Elektrik avtomatikasına aşağıdakı qurğular aid edilir:

- avtomatik təmir-qoşma qurğusu;
- ehtiyatın avtomatik qoşulma (EAQ) qurğusu;
- SES-də tezliyə görə işə buraxma qurğusu;
- əks-qəza avtomatikası qurğuları;
  o cümlədən, tezlikdən yükaçma avtomatikası (TYA), tezlikdən ATQ (TATQ), dayanıqlığın pozulması qarşısını alan avtomatika (DPQA), asinxron gedişin (rejimin) ləğvi avtomatikası (AGLA, ARLA), yük açılmasının xüsusi avtomatikası (YAXA) və s.

Enerji sisteminin əsas şəbəkəsinin bütün HX və YS-in əksər şinləri ATQ qurğuları ilə təchiz olunublar. Üç fazalı ATQ (ÜATQ) ilə yanaşı yüksək gərginlikli xətlərdə bir fazalı ATQ-də (BATQ) müvəffəqiyyətlə tətbiq olunur.Gərginliyi 500 kV olan HX-lər, bir fazalı QQ baş verdikdə bir fazanın açılmasında BATQ kimi istifadə edilən, fazalararası QQ-ları və ya RM səhv işlədikdə isə üç fazanın açılmasında ÜATQ kimi istifadə edilən kombinasiyalı ATQ (KATQ) ilə təchiz olunmuşlar.

Qeyri-dayanıqlı zədələnmələrdə və ya RM yanlış işlədikdə ATQ-nin təsiri qəza pozuntularının inkişafının qarşısının alınmasına və şəbəkənin normal sxeminin bərpasını təmin edir.

ES və qəzanın inkişafı nəticəsində onun ayrılmış hissələrinin paralel iş rejimini təmin etmək məqsədilə EVX-də müxtəlif ATQ-lər tətbiq oluna bilər:

- cəld təsirli ATQ (CATQ) sinxronizmi yoxlamadan, cəld təsirli olanlar və RM-ləri ilə təmin olunan ES-də bölünmüş hissələrin asinxron rejimə keçmədiyi şəraitdə təsir edir;
- sinxronizmi gözləməklə ATQ (SGATQ) – ayrılan hissələr sinxronizmə gəldikdə təsir edir;
- sinxronizmi tutan ATQ (STATQ) – ayrılan hissələrin, tezliklər və gərginliklər fərqi və eyni adlı gərginliklər vektoru arasında bucaq fərqi verilən qiymətləri daxilində olduqda işləyir;
- qeyrisinxron ATQ (QATQ) – qeyrisinxron qoşulma icazə hesabatlarla təsdiq olunduqda təsir edir.

EAQ qurğusu istehlakçıların elektrik enerjisi ilə təçizatının etibarlığını qaldırmaq üçün tətbiq olunur. EAQ-nin işləməsindən elektrik enerjisi təchizatındakı fasilə müxtəlif hallarda 0,2 ÷ 3 saniyə ola bilər. Belə fasilələr zamanı adətən texnoloji proses pozulmur. EAQ qurğularının QQ ləğv olunmamış elementlərə qoşulan ehtiyat mənbələri mühafizə etmək üçün RM-nin sistemlənməsi nəzərdə tutulur.

TYA qurğusu ES-də müstəsna əhəmiyyətə malikdir. Normal rejimlərdə tezliyin nominal hədlərdə tənzimlənməsini aqreqatların tezlik və güc tənzimləyiciləri həyata keçirir. Qəza hallarında, generasiya güclərinin açılmasında elektrik gücü defisiti yarandıqda, tezliyin təhlükələri həddə düşməsinin qarşısını almaq və sonradan qaldırmaq üçün TYA qurğuları işə düçür və yükləri açır.

Tezliyin qalxmasından TYA qurğularında olduğu kimi növbəli qaydada TATQ tətbiq olunur.

Əks-qəza avtomatikasının bir sıra idarəçilik təsirlərini nəzərdən keçirək:

Turbinlərin yüklərinin azaldılması

Buxar turbininin yükünün azaldılması: tezhərəkətli elektrohidravlik çeviricinin (EHÇ) və gechərəkətedən turbinin idarəetmə mexanizminin (TİM) girişlərini istifadə etməklə tənzimləmə sistemi vasitəsi ilə yerinə yetirilir.

Buxar turbinlərinin yükünün azaldılmasının iki növü tətbiq olunur – qısa müddətli və uzun müddətli.

Buxar turbininin qısa müddətli (impuls) yükünün azaldılması (TİY), tənzimləyici klapanların bir neçə saniyəyə bağlanması nəticəsində turbinin gücünün tez vaxtda azalmasından ibarətdir. Qəza təsirlərindən yaranan keçid prosesinin ilk mərhələsində aqreqatların rotorlarının artıq kinetik enerjisinin azaldılması üçün DPAL tətbiq olunur. Təsirlənmənin intensivliyi yüksüzlənmənin dərinliyi və sürəti ilə səciyyələnir. TQY enerji sistemində elektromexaniki rəqslərin sönməsinə təxminən müvafiq olan tempdə, eksponensial azalan düzbucaqlı impulsun EHG-yə verilməsi ilə yerinə yetirilir. İmpulsun amplitudası və düzbucaq hissəsinin uzunluğu yüksüzlənmənin dərinliyinin impulsun parametrlərindən (impuls diaqramlarından) eksperimental asılılıqlarını nəzərə almaqla seçilir. Adətən, impulsun amplitudasının dəyişmə diapazonu 1÷4 nisbi vahid (n.v.), uzunluğu isə 0,1÷0.3 saniyə (san.) təşkil edir.

ES-də TQY-nin pillələri impulsun amplitudası və ya düzbucaq hissəsinin uzunluğu, eləcə də yüksüzlənən aqreqatların sayı ilə fərqlənir. Qəzadan yüksüzlənən aqreqatların tərkibini seçdikdə hər bir aqreqatın ehtiyatının məhdudluğunu nəzərə alaraq, gözlənilən tezliyi və TYQ-nin dərəcəsini nəzərə almaq lazımdır.

Buxar turbininin uzunmüddətli yükünün azaldılması (TUY) və ya gücün məhdudlaşması (GM), turbinin tənzimləyici klapanlarının bağlanması və müvafiq olaraq qazan aqreqatının məhsuldarlığının azalması nəticəsində gücün uzunmüddətli (qəzadan sonra olan rejimin davam etmə müddəti ərzində) azalmasından ibarətdir. TUY yüksüzlənmənin dərinliyi ilə səciyyələnir; TUY EHÇ və (və ya) TİM vasitəsilə yerinə yetirilməlidir və qazanın rejiminin tənzimləmə sistemlərinə müvafiq İT verilməsi ilə müşayiət olunmalıdır.

TUY-nin tətbiq edilməsi imkan verir ki:

- dayanıqlığın pozulmasının qarşısı alınsın;
- asinxron rejim aradan qaldırılsın;
- avadanlıqların ifrat yüklənməsi məhdudlaşsın.

Məhdudlaşdırma pillələri məhdudlaşdırıcı siqnalın qiyməti və ya yüksüzlənən aqreqatların miqdarı ilə fərqlənir. TUY GM aqreqatları və

ümümi stansiya qurğuları ilə yerinə yetirilir. Aqreqat qurğuları ümumi stansiya qurğusunun verdiyi məhdudlaşma dərinliyini avtomatik yerinə yetirilir. Aqreqatın gücünə görə həm qapanmış tənzimləyici dövrəsi olan, həm də həmin dövrəsi olmayan GM-nın aqreqat qurğularının tətbiq edilməsinə icazə verilir.

Bir qayda olaraq, əsasən məhdudlaşmanın yüksək dəqiqliyinə görə, birinci növ qurğular istifadə olunur. Ümumi stansiya qurğuları vasitəsilə, aqreqatların (enerji bloklarının) tənzimləyici diapazonunu, və eləcə də EES-in bölünməsi halında aqreqatların paylanmasını nəzərə alaraq, aqreqatlar üzrə verilmiş yüksüzlənmə həcminin paylanması yerinə yetirilir. Bu halda, ES-in ümumi tənzimləyici diapazonu az olarsa, əlavə olaraq GA həyata keçirilir.

Generatorların açılması

GA aşağıda göstərilən məqsədlərə xidmət edir:

- dayanıqlığın pozulmasının qarşısının alınması;
- asinxron rejimin aradan qaldırılması;
- tezlyin artmasının və avadanlıqların yüklənməsinin məhdudlaşması.

GA generatorların və ya generator-transformator bloklarının açarlarının açılması ilə həyata keçirilir.

Açılmaya məruz qalan açarlar aşağıdakıları nəzərə alaraq seçilməlidir:

- zəruri cəldtəsirliyin və açılmanın etibarlığının təmin edilməsi;
- digər müvafiq açarlara təsir etməklə açılan generatorların miqdarı;
- ES-in yüksək gərginlik sxemi;

İstilik ES-də (İES) texnoloji avtomatikanın və aqreqatın fırlanma sürətinin tənzimlənmə sisteminin vəziyyəti, blokun yüksüz işləməsi və ya daxili tələbat yüklənməsində etibarlı işini təmin etmirsə, GA qurğusunun dayandırıcı klapanlarının bağlanmasına təsiri və sonradan açarların açılması, əgər ƏQA funksiyalarının icrası üçün cəldtəsirlilik kifayətdirsə buraxıla bilər.

İT-in verilən növünün seçilməsində nəzərdə tutmaq lazımdır ki, GA:

- SES-də üstündür, nəinki İES-də;
- yalnız GM-in imkanları tükəndikdə İES-də məqsədəuyğundur.

Açılan generatorları seçdikdə onların xüsusi sərfiyyatla yüklənməsi üçün aqreqatların işdə saxlanma ehtimalı nəzərə alınmalıdır.

Yük açılması (YA)

YA aşağıda göstərilən hallarda tətbiq olunur:
- tezliyin və gərginliyin azalmasının məhdudlaşması;
- dayanıqlığın pozulmasının qarşısının alınması;
- asinxron rejimin ləğvi;
- avadanlığın ifrat yüklənməsinin məhdudlaşması.

YA bilavasitə istehlakçılara elektrik enerjisinin buraxılmaması ilə əlaqədar olduğundan, imkan daxilində YA-dan sonra ATQ-nın istifadə edilməsi tövsiyə olunur.

4.2. Elektroenergetika sistemlərinin əks-qəza idarəçiliyinin xüsusiyyətləri və ümumi strukturu.

Dünyanın bütün inkişaf etmiş ölkələrində enerji sistemlərin inkişafı, getdikcə daha çox elektrik stsnsiyalarını və enerji sistemləri özündə birləşdirən transmilli və transkontinental enerji birliklərinin yaradılması istiqamətində gedir.

Enerji birliklərinin yaradılması məlum texniki-iqtisadi üstünlüklərlə əsaslandırılır. Lakin bununla yanaşı büyük enerjibirliklərinə məyyən çatışmamazlıqlar da xasdır. Belə ki, enerjisistemin bu və ya digər hissəsində normal rejimlərin pozulması hallarında, pozuntunun böyük suratlə ES-in dgər hisələrinə də yayilması, hətta pozuntunun inkişaf edərək sistem qəzasına keçməsi nəticəsində, istehlakçıların kütləvi surətdə şəbəkədən açılması ehtimalı yaranır.

Təcürbə göstərir ki, by tip qəzaların qarşısının alınmasında ən yaxşı vasitə, ES-in normal və qəza rejimlərində idarəçiliyinin təkmilləşdirilməsidir. Qəzaların qarşısını alan vasitələr adətən iki sinifə bölünür [90]:
- operativ-dspetçer;
- avtomatik.

Operativ-dispetçer idarəçiliyi xüsusi hazırlanmış (operativ) heyət tərəfindən, elektrik enerjisinin keyfiyyət

göstəricilərinə (əsasən "U" və "F") və enerjisistemin səmərəli iş rejiminə, həmçnin mümkün qəzaların və onların nəticələrinin aradan qaldırılmasına fasiləsiz nəzarət tməklə həyata keçirilir.

Operativ-dispetçer idarəçiliyi sistemi adətən iyerarxik stryktura malikdir və bir neçə pilləlidir. Azərbaycan ES üçün iki pilləli sistem ikinci fəsildə elmi cəhətdən əsaslandırılmışdır .

Qəza hallarında ES- də baş verən elektromaqnit və elektromexanik keçid prosesləri böyük surətli və ani xarakterli olduğuna görə, insan-operator məsələlərin həllində çox hallarda aciz olur. Buna görə də, avtomatik idarəciliyin (idarəolunmanın) tətbiqi zəruriyyəti yaranır.

İlkin olaraq, elektromaqnit keçid prosseslərinin təsirindən elektrik avadanlıqlarını qorumaq üçün yalnız rele mühavizəsindən istifadə olunurdusa, ES-in isismarında qarşıya çıxan məsələlərin həcmi çoxaldıqca və mürəkkəbləşdikcə, sistem avtomatikası termini yarandı. Sistem avtomatikası üçün təyinedici faktor, qəza və qəzadansonra sinxron generatorların rotorlartının nisbi hərəkətləri ilə əlaqəli elektromexaniki keçid prosseslərıdir.

Sistem avtomatikası öz növbəsində iki sinifə bölünür [90]:

- normal rejim avtomatikası;
- əks-qəza avtomatikası.

EES-in normal rejimlərinin avtomatik idarəciliklərinin əsas məsələsi – minumum xərclərlə, elektrik enerjisi isehsalını, ötürülməsini və tələb olunan keyfiyətlə elektrik enerjisi istehlakını və idarəolunan obyektin (ES-in) işlək vəziyyətini təmin etməkdən ibrətdir.

Enerji sistemdə və REQ-də qəza pozuntularının əmələ gəlməsinin və inkişafının qarşısının alınması və normal rejimin bərpasının tezləşməsi üçün ƏQA vasitələri tətbiq

olunur. Onun tətbiq olunması böyük ərazilərdə istehlakçıların elektrik təchizatının pozulması ilə müşahidə olunan sistem qəzalarının əmələ gəlməsinin qarşısının alınmasına imkan verir.

Nəzarət olunan ümymi əlamətlərə görə ƏQA qurğuları aşağıdakı funksiyaları yerinə yetirməlidir:

- EES-in vəziyyətinin qiymətləndirilməsi;
- qəza təsirlərinin mövcudluğunun aşkar edilməsi və ağırlaşması dərəcəsinin qiymətləndirilməsi;
- idarəçilik təsirlərinin (İT) zəruriliyinin və tələb olunan intensivliyinin təyin edilməsi.

Əks-qəza idarəçiliyinin (ƏQİ) texniki vasitəsi əks-qəza avtomatikasının (ƏQA) əsas vəzifəsi böyük həyacnlandırıcı təsirlər (labüd qısaqapanmalar (QQ) və ya EES-in generasiya və ya ötürücü obyektlərinin açılması) şəraitində işləyən müasir EES-in sinxron dayanıqlığını təmin etmək, EES-də qəza proseslərinin yaranmasının və inkişafının qarşısını almaq və normal rejimlərin bərpa müddətlərinin surətlənməsindən ibarətdir. ƏQA enerjitəchizatında uzunmüddətli fasilələrin yaranması ilə nəticələnən və böyük ərazini əhatə edə bilən sistem qəzalarının qarşısını alır. Bunun üçün ƏQA müəyyən olunmuş obyektlərə idarəçilik təsirləri vasitəsilə təsir edir. İdarəçilik təsirləri həyacanlandırıcı təsirlərin kateqoriyasından asılı olaraq hasil olunur. Onları üç kateqoriyaya bölmək olar [29] :

- 500 kV və aşağı gərginlikli EVX-lərin birfazlı yerlə qısaqapanması nəticəsində birfazlı təkrar qoşma avtomatikasının (BTQA) müvəffəq və ya qeyri–müvəffəq olması və ya göstəriləndən yuxarı gərginlikli EVX-nin qeyri-müvəffəq BTQA-la və EES-də daha güclü blok-transformatorlar istisna olmaqla birinin acılması;

- istənilən gəginlikli EVX-nin yerlə ikifazlı qısaqapanma nəticəsində üçfazlı TQA (ÜTQA) müvəffəq və ya qeyri-müvəffəq olmaqla açılması, daha güclü blok-transformatorun və ya atom lektrik stansiyalarında bir reaktora işləyən iki aqreqatın acılması, eyni vaxta iki xəttin açılması;
- istənilən gəginlikli EVX-nin yerlə birfazlı və ya şinin qısaqapanma nəticəsində açarlardan birinin imtinası nəticəsində, açarın imtinasını ehtiyatlandıran qurğunun (AİEQ) işləyərək zədələnməmiş elementlərin, sistem şinlərindən birinin açılması ilə müşahidə olunan açılmalar.

Yuxarıda qeyd olunan həyacanlandırıcı təsirlər EES-in qəza rejimlərində dinamik, qəzadansonrakı rejimlərində isə statik dayanıqlığın pozulmasına gətirib çıxara bilər. EES-də dayanıqlığın pozulmasının qarşısını almaq üçün əks-qəza idarəçiliyi təsirlərindən (İT) istifadə olunur.

Əks-qəza idarəçilik təsirləri aşağıdakı funksiyaları həyata keçirir:

- elektrik güc ötürmələri hədlərinin artırılması;
- EES-in güc izafi olan hissələrində generasiya güclərinin azaldılması;
- EES-in defisit olan hissələrində generasiya güclərinin artırılması;
- EES-in güc qəbul edən hissələrində istehlak güclərinin azaldılmsı;

Dnamik və statik dayanıqlığın pozulmasının qarşısını almaq üçün 4.1.1. saylı cədvəldə göstərilən əks-qəza idarəçliyi təsirlərindən istifadə olunur [29].

Əksqəza idarəçilik təsirləri dispetşer məntəqəsində (DM) yerləşən idarəedici hesablama kompleksi (İHK) tərəfindən hasil olunur. Bunun üçün İHK aşağıdakı əsas faktorları nəzərə alır:

- həyacanlandırıcı təsirlərin və ya rejim parametrlərinin təhlükəli həddə dəyişməsinin fiksə olunması;

Cədvəl 4.1

Dinamik daynıqlığın pozulma hallarının qar-şısını almaq üçün istifadə olunan idarəçilik təsirləri	Statik daynıqlığın pozulma hallarının qar-şısını almaq üçün istifadə olunan idarəçilik təsirləri
1. Təsirlənmənin proqramlı forsirovkası–sinxron generator-lar qısamüddətli, elektrik hərəkət qüvəsini qaldırmaqla elektrik stansiyaların şininndə gərgin-liyin səviyyəsinin və elektrik gücötürmələrinin hədlərinin artı-rılmasına təsir edir. 2. Turboaqreqatlarda impulsiv yükçıxarma – buxar turbinləri intensiv olaraq qısa müddətdə gücünü azaldır. 3. Hidroaqreqatların elektrik tormozlanması – EES-in ötürücü hssəsində olan aqreqtlara suni rezistor yükü qoşmaqla. 4. EES-in qəbul hissəsində tiristor çeviricilərinin elektrik enerjisi yığıcılarının invertor rejiminə kecirilməsi.	1. Cəld hərəkətli təsırlənmənin avtomatik tənzimləyicilərinin təshih qiymətlərinin dəyişdrilməsi – həyacanlandırıcı təsirlərdən sonrakı şəraitdə elektrik gücötürmə-lərinin maksimum buraxıla bilən həddə qaldırır. 2. Uzununa kompensasiyanın forsirovkası – xətlərin induktiv müqavimətlərinin kompensasiya-sını qaldırmaqla xətlərin yük buraxma qabiliyətlərinin artırıl-masına imkan verir. 3. Reaktorların açılması – EES-in ütürücü və qəbuledici tərəflərində gərginliyin səviyəsini qaldımağa xidmət edir. 4. EES-in ötürücü hissəsində işləyən hidroaqreqatların açılması və turblərdən uzunmüddətli yüklərin çıxarılması. 5. EES-in qəbuledici hisəsində yüklənməmiş hidroaqreqatların cəldhərəkətli yüklənməsi və sinxron kompensator rejimindən generator rejiminə keçirilməsi. 6. EES-in qəbul hisəsində yüklərin proqramlı açılması.

- ilkin rejimlərin qeyd olunması və qəzadansonrakı rejimlərin qiymətləndirilməsi (ilk əvvəl aktiv yük axınlarının və onların dəyişmələrinin fiksə etməklə həyata keçirilir);
-həyacanlandırıcı təsirlərin ağırlıq dərəcələrinin qymətləndrilməsi və idarəedici təsirlərin zəruriliyi;
- idarəçilik təsirlərinin növünün, intensivliyinin və davamlılığının (dozasının) və idarə olunan elektroenergetika obyektininn seçilməsi;
- idarəçilk təsirlərin intensivliyinin qeyd olunmaı (yadda saxlanılması) və idarə olunan obyeklrdə onların effektiv realizasiya oluması.

Əks-qəza idarəciliyinin strukturu. ES-in etibarlı iş rejimi və dayanıqlıq məsələlərini bütün mərhələlərdə həll etmək üçün zəruri vasitələr toplusunu, onların “dislokasiya xəritəsi” və maksimum həcmlərinin təyin olunması tələb olunur.

ƏQİ-yə ilk növbədə labüd q.q-dən EES-i müdafiə edən bütün növ texniki vasitələr və avtomatik mühafizələr – rele mühafizələrinin avtomatik qurğuları (RMAQ) daxildir (şəkil 4.1.). Şəkil 4.1-də həmçinin ƏQİ-nin funksional sxemi göstərilmişdir.

Funksional təyinatına görə bütün növ ƏQA dörd qrupda birləşir [1,2,3].

Birinci qrupa, dayanıqlığın pozulmasının qarşısını alan avtomatika (DPQA) – yuxarıda qeyd olunan həyacanlandırıcı təsirlərdən EES-də yaranan bütün növ keçid prosesləri zamanı bütövlükdə EES-in sinxron dayanıqlığını təmin edən qurğu daxildir. DPQA-nın xüsusiyyətləri aşağıdakılardır [90]:

- qəza rejimlərində dinamik dayanıqlığı təmin edən əks-qəza idarəçiliyi;
- qəzadansonrakı rejimlərə dayanıqlı keçidi şərtləndirən əks-qəza idarəçiliyi ;

- qəzadansonrakı rejimlərdə statik dayanıqlığın pozulmasının qarşısını alan əks-qəza idarəçiliyi .

İkinci qrupa asinxron rejimin ləvği avtomatikası (ARLA) daxildir. EES-də yaranmış situasiyalardan asılı olaraq, mümkündür ki, asinxron rejimə qısamüddətli, bəzi hallarda nisbətən uzunmüddətli və ya ümumiyyətlə icazə verilməsin. Bu səbəbdən ARLA qurğuları uyğun olaraq üç qrupa bölünür :

- asinxron rejimin birinci dövrəsi ərzində və ya sinxronizmin pozulmasının əlamətlərinin yaranması zamanı əks-qəza idarəçilik təsirləri hasil edən qurğular;
- asinxron rejimin bir neçə dövrəsindən sonra resinxronizasiyanı həyata keçirən və uzunsürən asinxron rejimlərdə (30 caniyədən çox) EES-in bölünməsinə təsir edən qurğular;
- dayanıqlığın pozulmasının ilkin fazasında EES-in bölünməsinə təsir edən tezhərəkətli qeyri-selektiv qurğular;

Üçüncü qrupa gərginlik və tezliyin qalxmasını (GQMA, TQMA) və düşməsini məhdudlaşdıran avtomatika (GDMA, TDMA) qurğuları aid edilir. Dördüncü qrupa isə, normal rejim və sxemlərin bərpasına köməklik edən ƏQA daxildir. 4.2. saylı cədvəldə konkret olaraq yuxarıda qeyd olunan qruplara daxil olan avtomatikalar və idarəçilik təsirləri göstərilmişdir.

DPQA daha mürəkkəb struktura malikdir və aşağıdakı qurğuları özündə birləşdirir [2]: xətlərin açılmasından yükazaltma avtomatikası (XAYA); EVX-in statik və dinamik ifrat yüklıənmələrindən yükazaltma avtomatikaları (SYYA, DYYA); yaxın və uzun müddətli q.q.-dən yükazaltma avtomatikası (YQQYA, UQQYA).

Cədvəl 4.2

ƏQA-nın növləri / İdarəedən təsirlərin növləri	DPQA	AGLA	Tezliyin məhdud-laşdırıcı avtomatika		Gərginliyin məhdud-laşdırıcı avtomatika		Avadan-lığın ifrat yüklənmə avtoma-tikası
			Düşmə	Qalxma	Düşmə	Qalxma	
1	2	3	4	5	6	7	8
Turbinin yükünün azaldılmsı	+	+	-	+	-	-	+
Generatorun açılması	+	+	-	+	-	-	+
Yüklərin açılması	+	+	+	-	+	-	+
Təsirlənmənin forsirovkası	+	-	+	-	-	-	-
Kompensasiyanın idarəolunması	+	-	-	-	+	+	-
1	2	3	4	5	6	7	8
Sistemin bölünməsı	+	+	-	+	+	-	+
Ehtiyatın daxil edilməsi	+	-	+	-	-	-	-
Açılma yüklərin və elektrik qurğularının qoşulması	-	-	-	+	-	+	+
Generatorların elektrik tormozlanması	+	+	-	+	-	+	+

DPQA GA, YA, Kİ, TF, SB, turbinlərdə yüklərin impulsiv (TİY) və müddətli çıxarılması (TMY), gərginliyə görə TAT qurğularında təshih qiymətlərinin dəyişdirilməsi və reaktorların açılması (RA) kimi idarəçilik təsirləri spektrlərindən isifadə edir (Cədvəl № 4.3.).

Azərbaycan EES-də yuxarıda qeyd olunan idarəçilik təsirlərinin optimal tətbiqi üçün hazırda fəaliyyətdə olan ƏQA-nın qiymətləndirilməsi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

Cədvəl № 4.3

Avtomatika İdarəedən Təsirlər	XAYA	SYYA	DYYA	YQQYA	UQQYA
Generatorların açılması	+	+	+	+	+
Yüklərin açılması	+	+	-	+	+
Reaktorun açılması	-	+	-	-	-
Kompensasiyanın farsirovkası	+	-	-	-	-
Təsirlənmənin farsirovkası	-	-	+	+	-
Turbinlərdə yükün davamlı çıxarılması	+	+	-	-	+
Turbinlərdə yükün ani çıxarılması	-	-	+	+	-
TAT təshih qiymətlərinin dəyişməsi	+	-	-	-	+
Sistemin hissələrə bölünməsi	+	+	-	+	-

4.3. Azərbaycan Respublikası elektroenergetika sistemində mövcud ƏQA-nın vəziyyətinin qiymətləndirilməsi.

Azərbaycan Respublikası vahid elektroenergetika sistemində (VES) ƏQA tarixən keçmiş sovetlər birliyinin VES tərkibində olarkən formalaşmış və lokal qurğulardan başlayaraq inkişaf etmişdir.

Enerjisistemlərin dayanıqlığını təmin edən ƏQA əvvəllər rele kompleksləri şəklində yaradılmışdır. Elektrik stansiyalarının və ya lokal enerji rayonunun dayanıqlığını təmin edən ayrı- ayrı qurğular bir-birilə zəif əlaqəli olmaqla yanaşı, koordinasiya olunmurdu və idarəçilik təsirləri qeyri-dəqiqliklə fərqlənirdi.

Respublika EES-də induksion və mexaniki relelər əsasında ƏQA ilk dəfə 1970-71-ci illərdə sistem miqyasında tərbiq olunmağa başlamışdır. Sonralar EES-in topoloji-struktur dəyişikliyinə məruz qaldığına görə, ƏQA inkişaf etmiş və təkmilləşmişdir. 1983-cü ildə "Ağdam" 330 kV-luq EVX-nin layihələşməsində ƏQA-da yenidənqurma işləri həyata keçirilmişdir.

Nəhayət 1986-cı ildə 500 kV-luq 2-ci "Abşeron" EVX-nin tikntisi ilə əlaqadar, Moskvada yerləşən Baş elmi-tədqiqat layihə institutunun Azərbaycan və Cənub bölgəsi tərəfindən sistem ƏQA-nın layihə işləri görülmüşdür.

ƏQA-nın işlənməsi şəbəkənin normal, qəzadansonrakı və təmir rejimlərində yük axınları, statik və dinamik hesabatların nəticəsi əsasında aparılmışdır. Layihəyə görə, yalnız 500 kV-luq EVX-nin qəza halında açılmasından 20 % -lik statik dayanıqlıq həddini təmin etmək üçün "Azərbaycan" DRES-də təyin olunmuş həcmdə yüklərin azaldılması və ona müvafiq "Abşeron" enerji qovşağında istehlakçıların açılması tələb olunur.

ƏQA qurğulurı layihədə nəzərdə tutulan həcmdə tətbiq olunmamışdır.

Azərbaycan Respublikası vahid elektroenergetika sisteminin (EES) inkişaf perspektivini, strukturunu, ƏQİ-nin və onun vasitəsi olan ƏQA-ya olan müasir rejim tələblərini və texnika sahəsində olan nailiyyətləri nəzərə alaraq, istehlakçıların etibarlı və fasiləsiz enerji təchizatını təmin etmək məqsədilə, ƏQİ və ƏQA vasitələrinin yaxın gələcəkdə inkişaf konsepsiyasının və strukturunun işlənməsi tələb olunur.

4.4. Azərbaycan Respublikası enerji sisteminin müasir fəaliyyət və inkişafı şəraitində əks-qəza idarəçiliyinin yeni konsepsiyasının əsasları.

Respublika EES-in radikal islahatlar, texniki yenidənqurma və intensiv inkişaf yoluna qədəm qoyması, qarşılıqlıəlaqəli və qarşılıqlıtəsirli təşkilati, texniki və iqtisadi kompleks problemlərin həlli üçün sistem yanaşmasını tələb edir. Bu problemlərin içərisində vacib yerlərdən birini enerjisistemin ƏQİ sistemlərinin perespektiv inkişafı məsələsi tutur. Güc ehtiyatlarının yaradılması ilə yanaşı, ƏQİ ES-in etibarlığının, davamlılığının və dayanıqlığının təmin olunmasında təyinedici rol oynayır.

Təqdim olunan ƏQA-nın yeni konsepsiyasının əsas müddəaları, Azərbaycan Respublikası EES-in ümumı inkişaf konsepsiyasının tərkibinə daxil edilmişdir.

ƏQİ-nin effektivliyi onun strukturunun, qoyuluş qiymətlərinin və "dislokasiya xəritəsinin" ES-in struktur-rejim şərtlərinə uyğunluğu ilə təyin olunur.

ES-in gələcək inkişafı yeni böyük vahid güclü generasiya güclərinin tətbiqi, şəbəkə tikintisi miqyasının genişləndirilməsi, sistem əmələgətirən yüksəkgərginlikli, dəyişən cərəyanlı sistemlərarası elektrik veriliş xətlərinin (EVX) tikintisi ilə müəyyən olunur. ES-in inkişafı və bu səbəbdən strukturunun mürəkkəbləşməsi şəraitində onun dayanıqlı iş rejiminin təmin olunması xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

2000-ci ildən başlayaraq ES üzrə qoyuluş gücləri 600 MVt-dan artıq təşkil etmişdir. Yaxın gələcəkdə ES-in inkişaf konsepsiyasına uyğun olaraq, "Şimal" DRES-də gücü 400 MVt olan ikinci növbə buxar-qaz qurğusunun (BQQ), "Sumqayıt" 1 saylı İEM–in ərazisində gücü 450-500 MVt olan BQQ-nin tikintisi nəzərdə tutulmuşdur.

2000-ci ildə yüksək gərginlikli “Azərbaycan” DRES – “Gəncə” – “İmişli” – 330 kV-luq sistemәmәlәgәtirәn EVX-nin işə qoşulması, ES-in struktur sxemini yaxşılaşdırmış, onun dayanıqlıq qabiliyyətini xeyli artırmışdır.

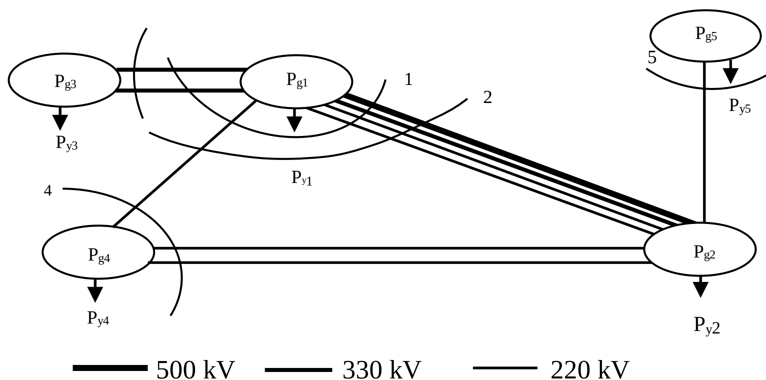
Bu xətlər işə qoşulması ılə ES 220-330-500 kV-luq sxemə görə sadə strukturlu sxemdən [1] dövrəvi sxemə keçidi bərpa olunmuşdur. ES-in dövrəvi sxemində ilkin dəqiqliklə beş enerji qovşağına baxmaq olar (şəkil 4.1):

- izafi gücə malik “Mingəçevir” enerji qovşağı ($P_{g1} >> P_{y1}$),
- defisit olan “Abşeron” enerji qovşağı ($P_{g2} << P_{y2}$),
- defisit olan “Gəncə” enerji qovşağı ($P_{g3} > P_{y3}$),
- izafi gücə malik “Əli-Bayramlı” enerji qovşağı ($P_{g4} > P_{y4}$),
- izafi gücə malik “Dərbənd” enerji qovşağı ($P_{g5} >> P_{y5}$),

Həmçinin hər beş altsistemə generasiya və istehlak gücünə görə aşağıdakı qeyri bərabərliklər uyğun gəlir:

$$P_{g1} > P_{g2} > P_{g3} < P_{g4} < P_{g3}$$
$$P_{y2} > P_{y3} > P_{y1} < P_{g4} < P_{g5}$$

ES-nin dayanıqlığını və operativ etıbarlığını artırmaq məqsədilə, yaxın gələcəkdə Rusiya vahid EES ilə 330 kV-luq ikinci “Yaşma (Azərbaycan) – “Dərbənd” (Rusiya), İran EES ilə 330 kV-luq “İmişli” (Azərbaycan) – “Parsabad” (İran) və 220 kV-luq “Astara (Azərbaycan) – “Astara (İran) və Gürcüstan üzərindən 500/400 kV-luq “Az.DRES” – “Kars” (Türkiyə) sistemlərarası EVX-nin tikintisi nəzərdə tutulmuşdur.



Şəkil. 4.1 Azərbaycan EES-in DPLA sistemi tərəfindən nəzarət olunan en kəsikləri göstərməklə əsas sisteməmələgətirən sxeminin strukturu.

1 – Mingəçevir enerji qovşağı (Az.DRES Ming. SES).
2 – Abşeron enerji qovşağı (“Şimal” DRES,BQQ).
3 – Qərb enerji qovşağı (“Şəmkir” SES, “Yenikənd”).
4 – Cənub enerji qovşağı (“Əli – Bayramlı” DRES).
5 – Şimali Qavqazın ekvivalent təsviri (Rusiya).

Yuxarıda qeyd olunanlar bir daha təsdiq edir ki, son illərdə Respublika EES-də güc strukturunun, onun topologiyasının və sxem-rejim parametrləriniin və funksional fəaliyyət strukturunun dəyişməsinə gətirib çıxarmışdır.

EES-in hər baxılan strukturuna özünə məxsus spesifik rejim xüsusiyyətləri, təsir və onların ləğvi üsulları xarakterikdir.

Sadə strukturlu ES-də [1,2] : normal, təmir və qəzadan sonrakı sxem və rejimlərdə statik dayanıqlıq; ağır qısa qapanma (q.q.) növlərindən sinxron dinamik dayanıqlıq, nəticəli dayanıqlıq; zəruri hallarda ES-in hissələrə bölünməsi; gərginliyin, tezliyin, və s. bərpa olunması təmin olunmalıdır.

Bundan əlavə, mürəkkəb strukturlu ES-də: az dayanıqlıq ehtiyatı ilə işləyən EVX-in yüklərinin azaldılması; hər hansı EVX-nin rejiminin statik dayanıqlıq həddinə yaxınlaşması hallarında, təyin olunmuş nöqtələrdə ES-in hissələrə bölünməsi təmin olunmalıdır.

ES-in dövrəvi sxemində əlaqələr üzrə güc axınları reversiv xarakterli olduğuna görə, ƏQA-ya tələblər daha mürəkkəbdir və çox tərəflidir. ES-in dayanıqlığının pozulmasının qarşısını almaq məqsədilə konkret şəraiti nəzərə almaqla, digər enerji qovşaqların güc balansına təsir etmək tələb olunur. Təsirlərin həcmi, texniki və iqtisadi zərurəti, həmçinin generasiya və yüklərin qarşılıqlı asılılığını nəzərə almaqla həyata keçirilir.

AR ES-nin dövrəvi strukturlu sxemındə əlaqələrin bir-birinə qarşılıqlı təsiri mövcud olduğuna görə, qəzaların kaskadla inkişafı ehtimalı daha yüksəkdir.

ES-in effektiv idarə olunmasına nail olmaq üçün dövrəvi sxemin bütün sxem və rejim parametrlərinə fasiləsiz nəzarət tələb olunur və bunun üçün mərkəzləşdirilmiş adaptiv ƏQİ sistemi (MA ƏQIS) yaradılmalıdır.

Belə şəraitdə dayanıqlıq sahələrinin yenidən baxılması, mövcud ƏQA vasitələrinin yenidən qurulması və yeni qurğuların qoyulması tələb olunur.

Yuxarıda qeyd olunaları nəzərə alaraq:

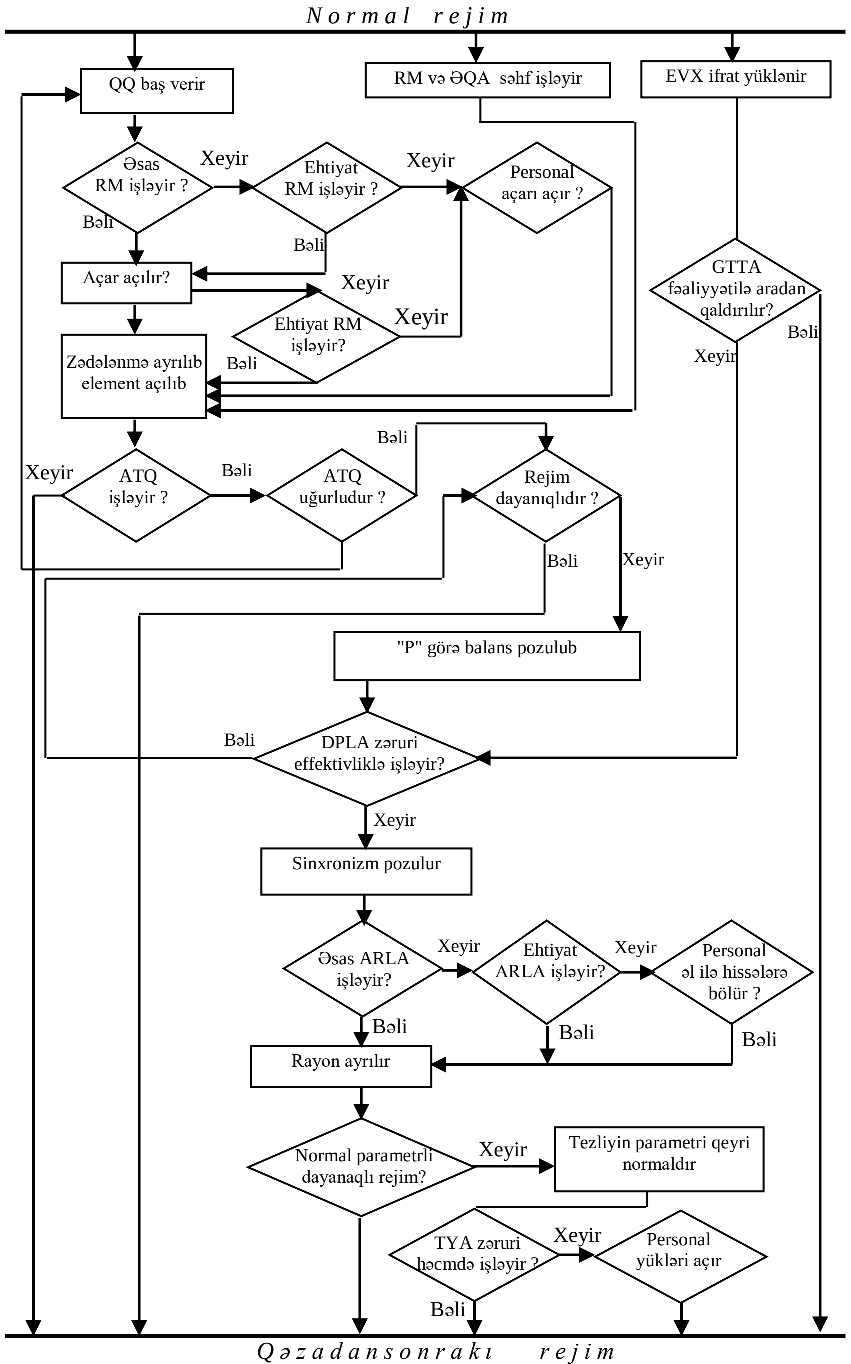
- ES-in sxem və rejimlərinin ayrı-ayrı inkişaf mərhələləri üçün kompleks statik, dinamik və nəticəli dayanıqlıq hesabatlarının aparılması;
- mövcud ƏQİ və ƏQA vasitələrinin kafiliyi və onların yeni sxem-rejim şərtlərinə uyğunluq dərəcələrinin qiymətləndirilməsi;
- mövcud ƏQİ və ƏQA vasitələrinin qoyuluş qiymətlərinin korreksiyası;
- yeni ƏQA vasitələrinin “dislokasiya xəritəsinin”, onların qoyuluş qiymətlərinin təyin olunması və

mövcud ƏQİ-nin inkişafı ilə bağlı təkliflərin hazırlanması mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Qəza hallarında təsirlərin miqyasını azaltmaq, qəzaların inkişafının qarşısını almaq və proseslərin qərarlaşmış və ya kvaziqərarlaşmış rejimə keçidini təmin etmək məqsədilə, ƏQİ eşalonlu müdafiə sistemi prinsipinə uyğun qurulur. Hər bir mərhələdə müəyyən olunmuş idarə vasıtələri fəaliyyət göstərir (şəkil № 4.2).

Əks-qəza idarəçiliyinin iyerarxik prinsiplə təşkilində əsas məsələ müxtəlif pillələrdə yerləşən qurğuların optimal tərkibinin müəyyən edilməsi və onların işinin kordinasiyasıdır. Hər uç kordinasiya prinsiplərindən (qarşılıqlı təsirlərin proqnozlaşdırılması, razılaşdırılması və qiymətləndirilməsi) istifadə olunması məqsədəuyğundur.

Birinci mərhələdə, cəldtəsiredən RMA, açarın imtinasını ehtiyatlandıran qurğu (AİEQ), ATQ və təsırlənmənin tənzimləyici avtomatikası (TAT) fəaliyyət göstərir. Güc balansının pozulması hallarında ƏQİ-nin ikinci mərhələsində quraşdırılmış kompleks vasitələr hərəkətə gəlir və hər şeydən əvvəl paralel iş rejiminin dayanıqlığının təmin olunması istiqamətində fəaliyyət göstərir. ƏQİ-nin üçüncü mərhələsində asinxron gedişin ləğvi məsələsi həll olunur. Üçüncü mərhələnin nəticəsi olaraq, sistem hissələrə bölundüyünə görə, dördüncü mərhələnin vasitələri (TYA, GDMA və s.) tezliyin və gərginliyin selvari düşməsinin qarşısını alır. Axırıncı beşinci mərhələdə, ES-in ayrılmış defisit hissələrində elektrik stansiyalarında xüsusi sərfiyyatı saxlamaq məqsədilə, tezliyin düşməsindən bölücü avtomatika (TBA) işə düşür.



Şəkil 4.2. Qəzaların inkişafının və ƏQİ iyerarxik strukturlu fəaliyyət alqoritmi.

Müxtəlif təyinatlı və strukturlu avtomatikalar ES-in eyni elementlərinə təsir edir.

Statik dayanıqlığın artırılması avtomatikasına: TAT, ATQ, TYA, güc axınlarını tənzimləyən və məhdudlaşdıran avtomatıka (GATMA), generatorların və yüklərin açılma avtomatikası (GA və YA), kondensatorların tənzimlənmə avtomatikası və ES-i hissələrə bölmə (SB) avtomatik qurğuları aiddir.

Sinxron dinamik dayanıqlığın artırılması üçün: TAT, cəld təsirli (CATQ) və birfazlı ATQ (BATQ), buxar turbinlərinin avtomatik tənzimləyiciləri, sistemin ötürücü hissələrində GA və iki istiqamətə işləyən stansiyaları ayırma qurğuları tətbiq olunur.

Əks-qəza idarəsinin inkişaf və fəaliyyətinin iqtisadi aspektləri. Yeni struktur-rejim şəraitində respublika EES ƏQİ-nin moderinləşmə və inkişaf konsepsiyasında iqtisadi aspektlər mühüm yerlərdən birini tutur.

Son illərə kimi EES-in səmərəli işinin texniki-iqtisadi problemlərinin əsas məsələsi, güclərin minimum xərclər kriteriyasına görə paylanmasının optimallaşdırılması, keyfiyyət göstəricilərinin aşağı düşməsindən dəyən ziyanın minimizasiyası məqsədilə gərginliyin optimallaşdırılması və s. olmuşdur. Lakin, bazar iqtisadiyyatına keçid dövründə EES-də bütün kompleks proseslərin, istehsal, ötürmə və paylanmanın, idarəolunmasında mərkəzləşmiş idarəçilik prinsiplərinin itirilməsi yeni iqtisadi məsələlər doğurur. Bu onunla izah olunur ki, bazar iqtisadiyyatına:

- elektrik enerjisinin istehsalı “təklifə görə” yox, “tələbə görə” prinsipi;
- istehlakçıların müstəqil olaraq istehsalçıların seçmə hüququ;
- EES-in yüksək texnologiyalı vahid sistem kimi saxlanılması tələbi və müxtəlif mülkiyyət

formalarının mövcudluğu və s. kimi xüsusiyyətlər xasdır.

EES-in etibarlığını, davamlılığını və dayanıqlığını təmin etmək məqsədilə inkişaf etmiş bir sıra dövlətlərdə qəbul olunmuş, ehtiyat generasiya güclərinin və sistemәməlәgətirən EVX-in yük buraxma qabiliyyətlərinin artırılması prinsipləri irimiqyaslı investisiya qoyuluşu tələb etdiyinə görə, AR EES üçün hələlik qeyri məqbuldur. Bu prinsip effektiv ƏQİ-nin yaradılmsı ilə əvəz oluna bilər. Eyni zamanda çoxillik təcrübə göstərir ki, yuxarıda qəbul olunmuş prinsiplərlə işləyən Şimali Amerika və Qərbi Avropa dövlətlərinin EES-də milyonlarla istehlakçılarda gərginliyin itirilməsi ilə nəticələnən bir sıra məlum sistem qəzaları baş vermiş və ehtiyat güclərin zaman keçdikcə azalması ənənəsi mövcuddur. Bununla yanaşı, həddən artıq inkişaf etmiş ƏQİ malik olmaq, generasiya güclərinin və şəbəkə tikintisinin inkişafını istisna etmir və ƏQİ-nin fəaliyyəti müasir şəraitdə iqtisadi itkilərə gətirib çıxarır.

Bütün bunları nəzərə almaqla, müxtəlif prinsiplərin keyfiyyət analizləri: hər iki yanaşmanın (optimal ehtiyat gücün və tamamlanmış, effektiv və zəruri ƏQİ sisteminin yaradılması) birləşdirilməsini; əsas olaraq, enerjitəchizatın etibarlığını gözləmək şərtilə, texniki və iqtisadi tələblərin qarşılıqlı əlaqəsini və bəzi hallarda isə birincinin ikinciyə tabe olmasını tələb edir.

Beləliklə, ƏQİ sistemi yalnız texiniki məsələlərin həllinə yox, eyni zamanda istehlakçılara dəyən ziyanlı təsirlərin minimizasiyasına da xidmət etməlidir. Bunun üçün, MAƏİS-nin təkmilləşdirilməsi və tətbiqinin genişləndirilməsi, ES-də enerjibloklarının idarəolunmalarının artırılması və idarəedən təsirlərin və idarəçilik sistemlərinin optimallaşdırılması həlli vacib məsələdir.

ƏQİ sistemlərinin texniki modernləşdirilməsi və yenidən qurulması. Hazırda, ƏQİ-nin strukturunda istifadə olunan texniki vasitələr, inkişaf etmiş dövlətlərin tətbiq etdiyi vasitələrdən kifayət qədər geri qalır. Bu isə ƏQİ-nin imkanlarını məhdudlaşdırdığına görə, bir tərəfdən effektiv idarəçilik sistemin qurulmasına imkan vermir, digər tərəfdən isə idarəedən təsirlərin nəticəsində dəyən iqtisadi ziyanların minimizasiyasına tam şərait yaratmır.

Odur ki, müasir şəraitdə, yeni imkanlara malik, mikroprosessor əsaslı və keyfiyyətcə yeni RMA qurğularına keçmək zəruriyyəti yaranır.

ƏQİ-nin texniki modernləşmə elementlərindən əhəmiyyətlisi köhnə konstruksiyalı relelərin inteqral mikrosxem və mikroprosessor əsaslı relelərlə əvəz olunmasıdır. Rəqəmli relelər: avtomatik özünümüayinə, dövrü proflaktik yoxlamalarin həcminin və müddətinin azalması; q.q. vaxtı yüksək cəldlik; q.q. yaranmasının qarşısını alması, elektrik maşınlarında təhlükəlı rejimlərdən "profilaktik" mühafizələrin olması kimi üstünlüklərə malikdirlər .

10 ildən artıqdır ki, Avropada, Şimali və Cənubi Amerikada, Yaxın Şərqdə və s. ölkələrdə SPACOM seriyalı rəqəmli relelərdən istifadə olunur /5/. Bu seriya daimi təkimlləşdirilir. Yeni 500 seriyalı (REM, REF, REJ, REU, REA və REC): REL-500, 110 kV və yuxarı gərginlikli EVX-in çoxfunksiyalı mühafizə; REF-500, orta gərginlikli fiderlər üçün eyni tipli mühafizə; REC-500, paylayıcı şəbəkələrin komutasiya aparatlarının mühafizə və idarəolunmalarının avtomatlaşdırılması seriyalarıdır.

REM-543 terminalı 3-4 SPACOM (SPAU, SPAD, SPAG) seriyalı və ya təqribən 30 anoloqlu releni əvəz edə bilər. REJ-515 seriyalı relelər də çoxfunksiyalı olaraq 7 cərəyan relesini və 8 zaman relesini dəyişməyə qadirdir.

ƏQİ sistemlərinin texniki modernləşməsi böyük kapital qoyuluşu tələb edən əhəmiyyətli məsələrdən biridir.

Bunun üçün:

1. Azərbaycan Respublikasının EES daimi inkişafda olan sistemdir. Yaxin gələcəkdə yeni generasiya güclərinin işə qoşulması, şəbəkə tikintisinin genişləndirilməsi və istismarda olan güc avadanlıqlarının moderinləşməsi EES üçün xarakterikdir. EES sisteməmələgətirən (220 – 330 – 500 kV) sxemə görə mürəkkəbdir.

2. Bu EES-in hər-bir struktur və rejim dəyişikliyi mərhələsində, statik, sinxron dinamik və nəticəli dayanıqlığın yerinə yetirilmə şərtlərinin yoxlanmasını tələb edir.

3. Hesabatın nəticələri fəaliyyətdə olan ƏQİ-nin kafiliyini, onun artırılmasının zəruriliyini və ya mövcud vasitələrin və təshih qiymətlərinin tənzimləməsini və “dislokasiya xəritəsinin” dəqiqləşdirilməsini təyin etməlidir.

4. ƏQİ-nin strukturu və İT sisteminin özü, ES-in dayanıqlığını, etibarlığını və davamlılığını təmin etməklə yanaşı, həmçinin ES-in işinin səmərəliliyini də təmin etməlidir.

5. Bazar iqtisadiyyatına keçid dövründə:

- birinci, sistemin ehtiyat gücü və fəaliyyətdə olan ƏQA-nın həcmi nisbətləri (kapital qoyuluşu və ehtimal olunan qəza hallarından dəyən ziyan) optimal olmalıdır;
- ikinci, ƏQİ yalnız enerjisistemin (dayanıqlıq və ehtibarlıq) “maraqlarına” yox, həmçinin istehlakçıların (fasilələrdən dəyən ziyanlar) da “maraqlarına” xidmət etməlidir.
- Mövcud, fəaliyyətdə olan ƏQİ-nin texniki səviyyəsi inkişafda olan sistemin tələblərinə cavab vermir və müasir səviyyədən gerı qalır. Onların bütün struktur elementlərinin mikroprosessor əsaslı və rəqəmlı çoxfunksiyalı relelərlə dəyişdirilməsi zəruridir.

4.5. Azərbaycan enerji sisteminin ikisəviyyəli DPLA-sı

Azərbaycan EES-in ƏQA-sı SSSR-nin VEES-in mövcud olan dövründə formalaşmışdır. DPLA-ın əvvəli lokal xarakter daşıyan qurğularla başlanmışdır.

ES-in dayanıqlığı ƏQA-nın, aralarında qarşılıqlı əlaqələri və kordinasiya dərəcələri zəif olan rele kompleksləri ilə təmin olunmuşdur.

Əvvəlki paraqraflarda öz əksini tapmış Azərbaycan Respublikasının EES –nin inkişaf konsepsiyasını və ƏQA-nın cari vəziyyətini nəzərə alaraq, belə birmənalı nəticəyə gəlmək olar ki, birpilləli qeyri-mərkəzləşmiş ƏQİ enerjisistemin etibarlılığını və dayanıqlıqlığın təmin olunması ilə bağlı tələblərə cavab vermir. Bundan əlavə enerjisistemin qonşu sistemlərlə paralel iş rejimini və texniki-iqtisadi tələbləri nəzərə alsaq ƏQİ-nin əhəmiyyəti daha da armış olur.

Müasir tələblərə çoxsəviyyəli, iyrarxik, mərkəzləşdrilimiş paylanmış ƏQA sistemi cavab verir. Mikroprosessor əsaslı texnikadan istifadə, qəzadan əvvəlki situasiyaların bütün parametrlərini nəzrə almaqla, qəza əleyhinə idarəçilik təsirlərinin optimallaşdırlması, dozalaşdırılması üçün geniş imkanlar açır.

Azərbaycan enerji sistemi üşün, onun inkişafı şəraitində struktur analizinin nəticələrinə, müxtəlif ərazi pillələrində həll olunması tələb olunan məsələlərin həcminə və dövətlərarası əlaqələrin iş rejimlərinə əsaslanaraq, ikipilləli mərkəzləşdirilniş iyerarxik ƏQA sistemi təklif olunur. ƏQA vasitələrinin yerləşdirilməsi ilk növbədə şəkil 4.1.-də göstərilmiş zəif en kəsiklərə nəzarəti təmin rtməlidir. Yuxarıda qeyd olunduğu kimi, bu en kəsiklər defisit və izafi

gücə malik enerji rayonlarını birləşdirən əlaqələrdir. Bu elementlərə, əlavə olaraq Rusiya enerji sistemi ilə paralel iş rejimini təmin edən "Dərbənd – Yaşma" EVX-si də əlavə olunur.

Şəkil 4.3.-də Azərbaycan EES üçün DPLA-nın təklif olunan ikipilləli iyerarxik sisteminin sxemi təqdim olunmuşdur.

Şəkil 4.4-də elektrik stansiyaları üçün "Azərbaycan" DRES-in nümunəsində, təklif olunan DPLA-nın funksional sxemi verilmişdir.

Şəkil 4.5-də isə EVX-nin DPLA qurğusunun funksional sxemi verilmişdir.

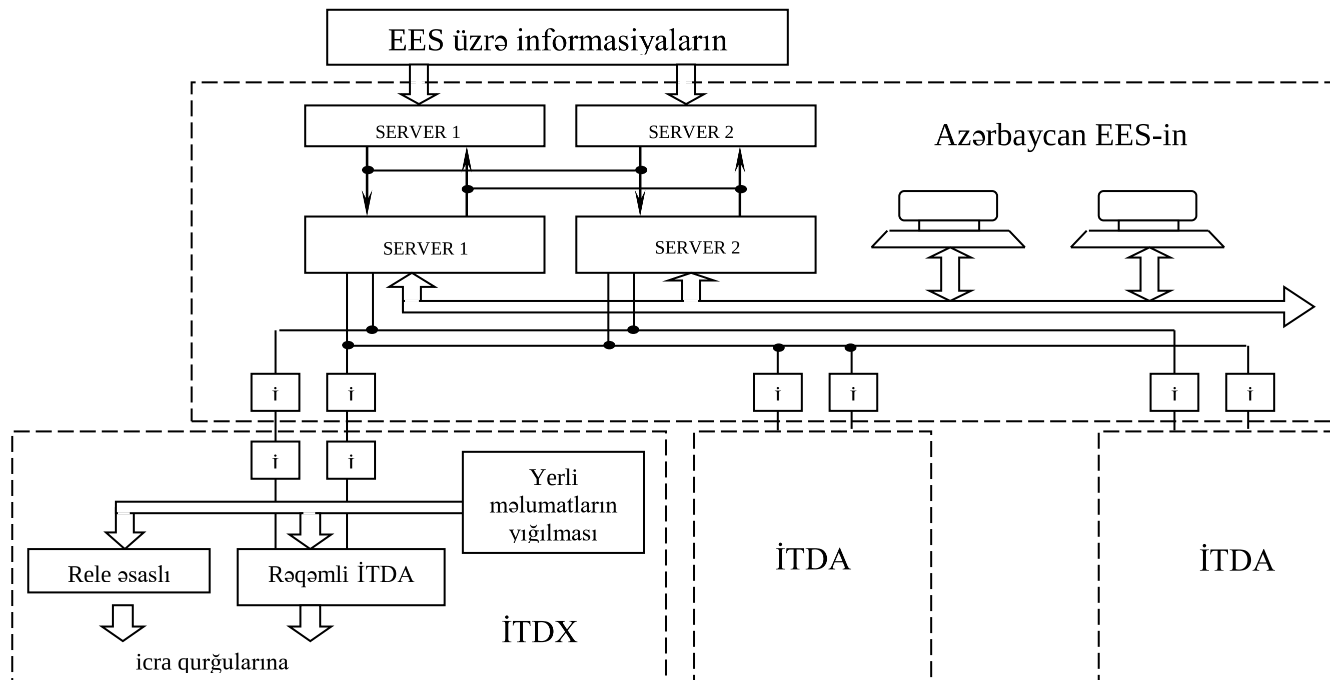
DPLA-nın mərkəzləşdirilmiş kompleksləri ümumi sitem əhəmiyyətlidirlər, bir neçə obyektləri – elektrik stansiyalarını, YS, EVX-ni və DM-i əhatə edir. Mərkəzləşdirilmiş kompleks, enerjisistemin idarə olunan obyektlərində qoyulmuş (paylanmış) serverlər, uzaqdan idarə olunan terminallar (RTU) arsında maşınlar arasında informasiya mübadiləsini həyata keçirir.

Rəqəmli ENM dövrü olaraq əvvəlki rejim və sxem parametrlərini və təsirləri nəzərə alaraq, statik və dinamik dayanıqlığın hesabatlarını həyata keçirirlər. İdarəçilik təsirləri hər bir hesabatdan sonra hasil olunur və TDA qurğusu vasitəsi ilə fiksə olunur. Təsirlər qeyd olunan kimi, idarəçilik siqnalları fəaliyyətə başlayırlar. Müxtəlif səviyyələrin rəqəmli EHM paralel hesablama rejimində işləyirlər. Onlar keçid prosesinə və ƏQİ-nin nəticələrinə nəzarət etməklə zəruri hallarda, xüsusən qəzadan sonrakı rejimlərdə statik dayanıqlığın pozulmasının arşısını almaq üçün, əks-qəza idarəçilik təsirlərinin dozalaşdırılmasını korrektə edirlər.

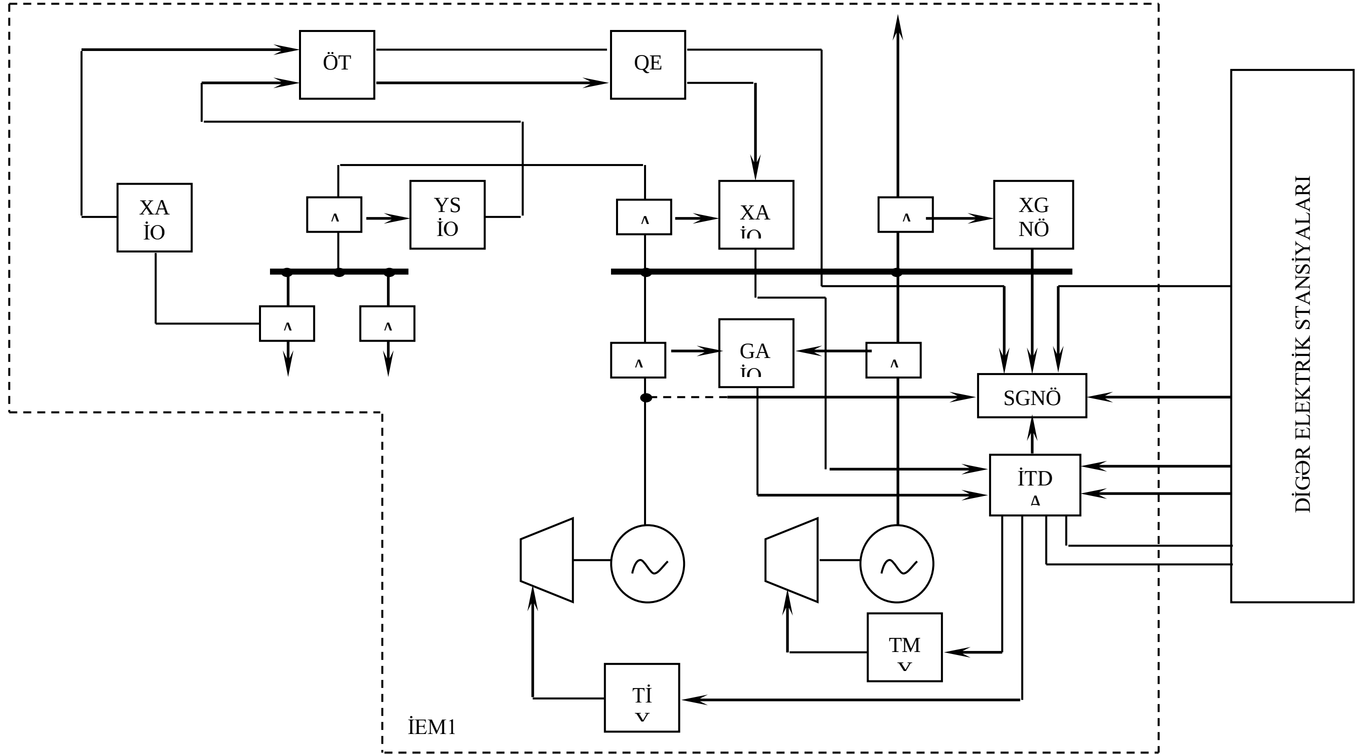
Surətli EHM, ilkin normal rejimi və normal və qəzadan sonrakı rejimlərin elektrik sxemlərini nəzərə alraq, işə buraxma idarəçilk təsirlərinin qəbulundan və qəza

rejiminin ilkin inkişaf mərhələsindən sonra da ƏQİ-nin təsirinin dozalaşma qiymətinin hesablanmasına imkan verir. Bu isə öz növbəsində, dozalaşdırılmış idarəçilk təsirlərinin həyacanlaşdırıcı təsirlərin ağırığına uyğuluğunu artırır və DPLA-nın fəaliyyətinin efektivliyini artırır.

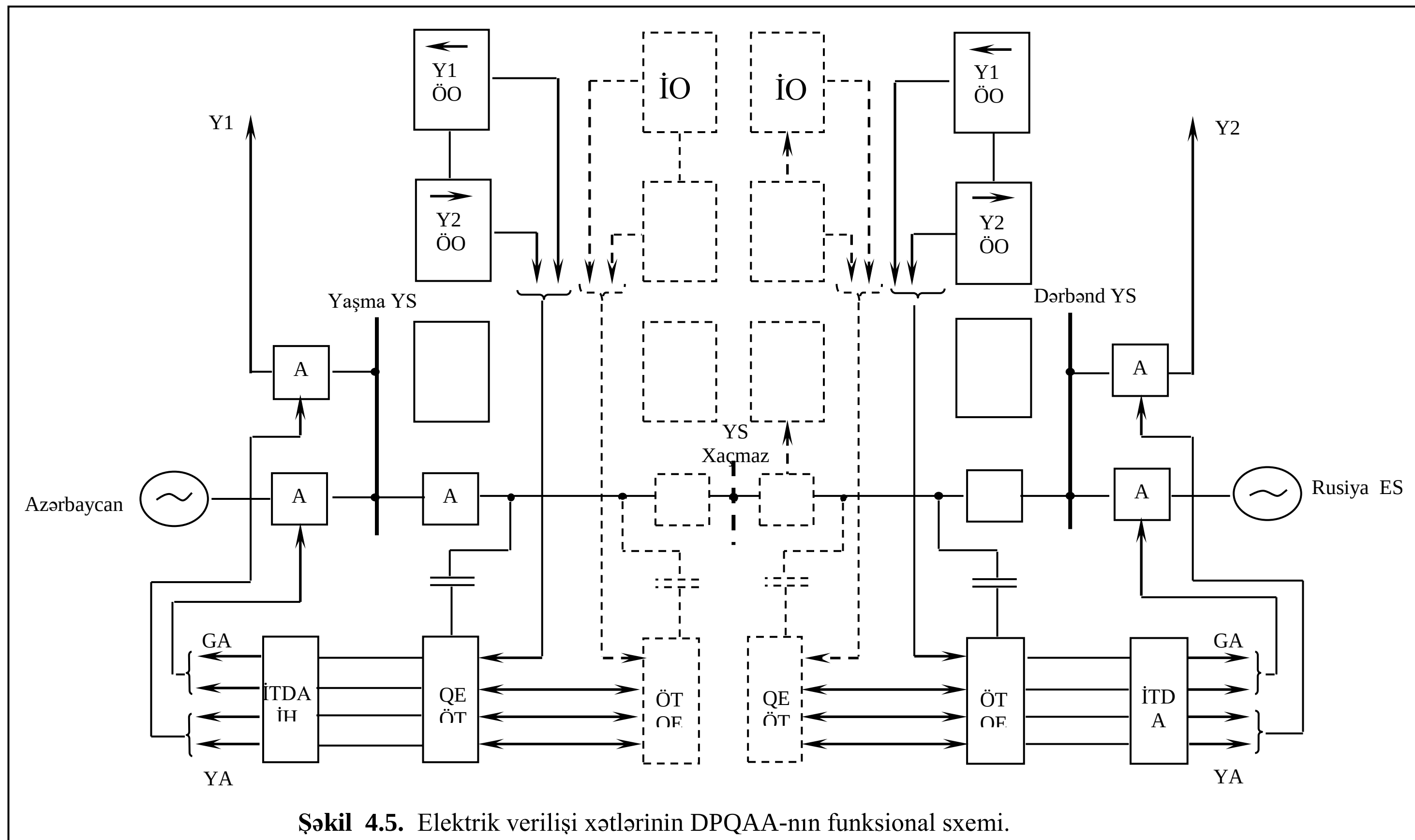
DPLA-nın ikipilləli təsvirində yuxarı iyerarxiya pilləsinin funksyalarını MDM-də yerləşdirlən surətli EHM, aşağı pillənin funksiyalarını isə ƏQİ-nin mikroprosessor panelləri vasitəsilə həyata keçirilir (şək..4.3). Pillələr arasında əlaqəni maşınlararası mübadilə kanalları təmin edir [49, 50,91].



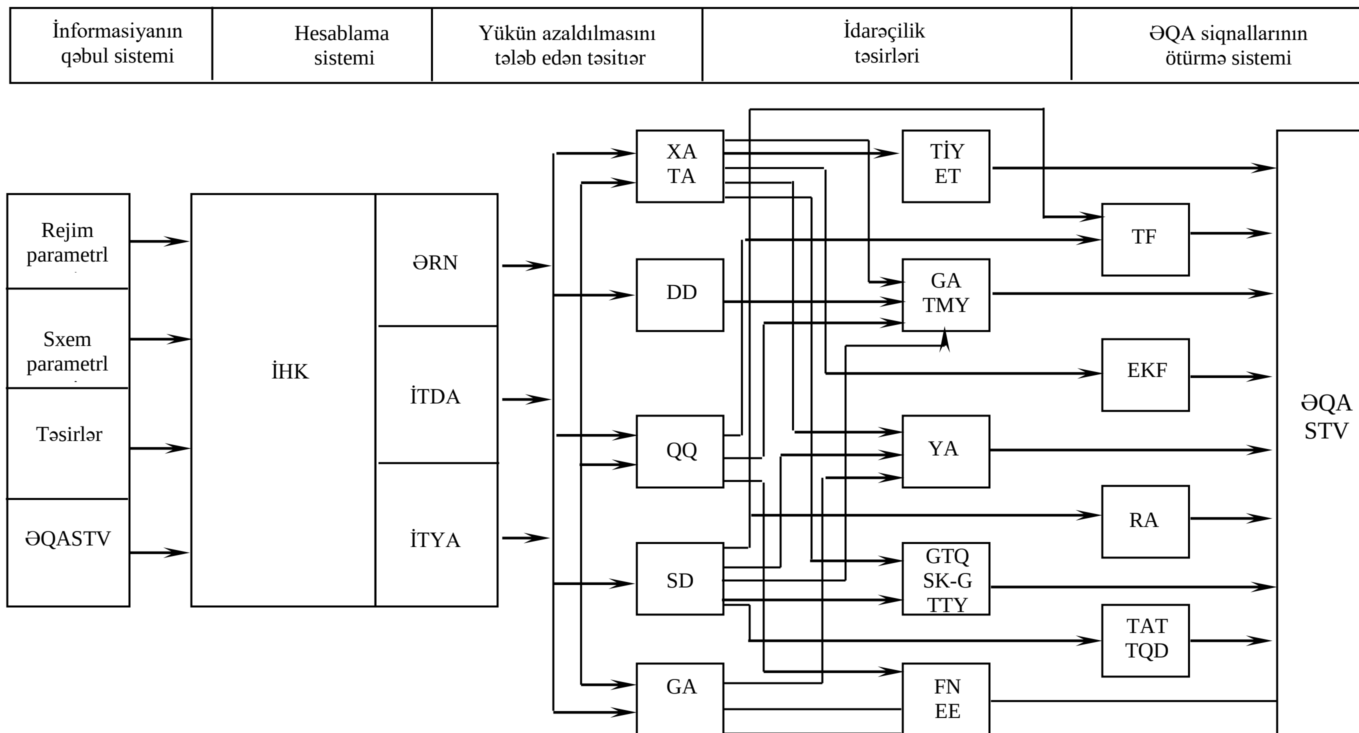
Şək. 4.3. Azərbaycan EES-in əks-qəza idarəsinin iyerarxik sisteminin struktur sxemi.



Şəkil 4.4. DRES üçün DPQAA –nın funksional sxemi.



Şəkil 4.5. Elektrik verilişi xətlərinin DPQAA-nın funksional sxemi.



Şəkil 4.6. Azərbaycan EES üçün DPLA-nın funksional sxemi.

“Azərbaycan” DRES və “Şimal” BQS-in DPLA-nın əsasını sinxron generatorların və şinlər yığımında birləşən xətlərin açarlarının açılmasına təsir edən işəburaxma orqanı (GAİO, XAİO şək.4.4) təşkil edir. Bundan əlavə elektrik stansiyalarında xəttin gücünə və stansiyanın şinindən buraxılan cəmi gücünə nəzarət edən ölçu orqaları (XGNÖO, SGNÖO) yerləşdirilir. Ölçü cihazlarının bir hissəsi YS-da yerləşdirilir. DPLA-nın İTAD və idarəçilik təsirlərinin yada saxlama (İTAY) və icra orqanlarının (İO) quğuları stansiyalarda yerləşdirilməklə sinxron generator və turbinlərə idarəçilik təsirləri göstərirlər.

“Şərq” en kəsiyinə daxil olan EVX də və “Yaşma – Dərbənd” EVX-də quraşdırılmış DPLA kompleksi (şək. 4.5) xəttin açılmasını qed edən işə buraxma elementlərindən və gücün reversiv axınlarına nəzarət edən ölçü orqanlarından ibarətdir. Enerjisistemin ötürücü hissəsində GA və qəbuledici hissəsində isə YA kimi idarəçilik təsirlərini və onların dozalaşdırılması elektrik stansiyalarında (“Azərbaycan” DRES və “Şimal” BQS-də) hasil olunur.

Azərbaycan EES üşün DPLA-nın qurulma sxemini nəzərdən keçirək:

DPLA-nın effektivliyi əsasən onun fəaliyyətinin birnci və üçüncü fazası ilə müəyyən olunur (şək. 4.2):

- Qəza rejimlərində dinamik dayanıqlığın təmin olunmasına görə əks-qəza idarəçiliyi;
- Qəzadan sonrakı rejimlərdə statik dayanıqlığın təmin oliunmasına görə əks-qəza idarəçiliyi.

4.4 paraqrafında verilmiş ƏQA-nın strukturuna görə Azərbaycan enerji sistemi üçün DPLA-nın təklif olunan funksional sxemi şəkil 4.6.-da təqdim olunmuşdur.

Strukturun vacib elementlərindən biri TÖ və TS-dir. Onların vasitəsi ilə ƏQA-nın vəziyyəti, təsirlər, rejim və sxem parametrləri haqqında məlumatlar toplanır. Bu məlumatlar idarəedən hesablama kompleksinin (İHK) fəaliyyəti üçün əsasdır. Daxil olan məlumatlara görə İHK-nin köməyi ilə əvəlki rejimə nəzarət (ƏRN), İTDA və İTYA qurğularının işini kordinasiya edir.

Konkret enerji sistemləri üçün xarakterik olan və qəza vəziyyətinin qaşısını almaq üçün yüklərin azaldılmasını tələb edən təsirlərdən çıxış edərək, onları beş qrupa bölmək olar:

- Xətt və transformatorların açılması (böyük təsirlər 500 kV –luq 2 –ci Abşeron , 330 kV-luq 1 Abşeron, və 330 kV-luq ? Mingəçevir EVX-nin açılması ilə əlaqəlidir, belə ki, ilkin rejimlərdə bu EVX "Şərq" en kəsiyinin uyğun olaraq 45, 20, və 20% yükünü aparırlar);
- Vahid güclü sinxron generatorların açılması;
- EVX-nin dinamik dayanıqlığının pozulma təhlükəsi;
- Qısa qapanma;
- EVX-nin statik dayanıqlığının pozulma təhlükəsi;

Bütün bu təsirlər sitemin yükünün azaldılmasını tələb edir. Təsirlərin xarakterindən asılı olaraq, yüklərin azaldılmasının müxtəlif üsulları ola bilər. Bundan sonra ƏQA-nın siqnallarının ötürülməsi həyata keçirilir.

TERMİNLƏR

Hazırki bölmədə operativ dispetçer idarəsinə aid olan bir sıra əsas texnoloji terminlərinin qısa izahatlarla xülasəsi verilmişdir:

Terminlər	Qısa izahat
1	2
Aqreqatın (elektrik stansi yalarının, enerji sistemin) gücü	
Qoyuluş gücü	Pasport məlumatlarına uyğun olaraq ifrat yüklənmə olmadan uzun müddət işləyə bilən aqreqatın gücü
İmkan gücü	Məhdudiyyət həddinə qədər azaldılmış qoyuluş gücü
İşçi gücü	Müvəqqəti istifadə edilməyən və mövcud məhdudiyyətləri nəzərə almaqla, baxılan vaxt ərzində, artıq yüklənmə olmadan istifadə edilə bilən maksimum güc
Qoşulmuş gücü	Generasiya və fırlanan ehtiyat güclərin cəmi
İstehsalat gücü	Plan-qabaqlayıcı təmir, bərpa və texniki yenidənqurma işlərinin görülməsi üçün avadanlıqların dayandırılması nəticəsində azalmış, qoyuluş gücü
İstismar edilməyən güc	Uzunmüddətli təmirə çıxarılmış güc
Aqreqatın (elektrik stansiyalar-ının) gücün məhdudlaşdırılması	Generasiya aqreqatının (elektrik stansiya-larının) qoyulmuş gücünün məcburən tam istifadə edilməməsinin qiyməti
Avtomatik idarəçilk	Operativ heyətin müdaxiləsi olmadan enerji istehsalının texnoloji prosesinin idarə edilməsi

1	2
Bazarın sistem operatoru (texnoloji)	Elektrik enerjisi və güc bazarının texnoloji təminatına cavabdeh təşkilat (bölmə)
Birləşmiş enerji sistemi (BES)	Rejimin ümumiliyi və vahid dispetçer idarəçiliyi ilə əlaqələnmiş, bir neçə paralel işləyən EES-lər
Dispetçer idarəçiliyi	EES, BES, VES, RDQ rejimlərinin operativ idarə edilməsi
Dispetçer trenajorları	Dispetçer heyətinin məşqləri və təlimi üçün nəzərdə tutulmuş texniki və proqram vasitələri kompleksi
Elektrik enerjisinin sərfi Maksimum sərf Qrafik	 Müəyyən vaxt ərzində qurğunun (enerjistemin) sərf etdiyi gücün maksimum qiyməti Müəyyən vaxtın hər saatı üçün (enerjisistemin) sərf edilən gücün miqdarı
Elektrik en kəsiyi	Açıldıqda EES-i (RDQ) tamamilə iki izolyasiya edilmiş hissəyə ayıran bir və ya bir neçə rabitə elementlərinin toplusu
Elektrik rabitəsi	EES-in (RDQ) iki hissəsini birləşdirən şəbəkə elementləri toplusu
Elektrik rejimi Qərarlaşmış rejim Keçid rejimi	Enerjisistemin rejim parametrlərinin qiyməti ilə xarakterizə olunan vəziyyəti. Rejim parametrlərinin qiymətinin sabitliyi ilə xarakterizə edilən rejimlər İlkin təsirlərdən onun yaratdığı elektromaqnit və elektromexaniki keçid proseslərinin (turbinin fırlanması tezliyinə tənzimlənmə sisteminin təsirini nəzərə almaqla) qurtarmasına qədər olan rejim

1	2
Elektrik sxemi Normal sxem Təmir sxemi	Elektrik avadanlıqlarının birləşmə sxemi Bütün avadanlıqların işə qoşulduğu normal rejim üçün sxem Avadanlığın bir hissəsi təmirə və ehtiyata çıxarıldıqda yaranan sxem
Elektrik şəbəkəsinin buraxma qabiliyyəti	Konkret EVX-lər və ya en kəsiklər üzrə (ümumi elektrik şəbəkəsi ilə əlaqələnmiş bir neçə EVX-lərlə) ötürülə bilən aktiv gücün qiyməti
Elektroenergetika sistemi (EES), enerjisistem	Rejimin ümumliyi və vahid mərkəzləşdirilmiş dispetçer idarəsi ilə əlaqələndirilmiş birlikdə paralel işləyən elektrik stansiyaları və şəbəkələrinin kompleksi
Enerji istehsalı	Elektrik və istilik enerjisinin istehsalı, ötürülməsi və paylanması prosesi
Enerji istehsalının hazırlanması	Enerjisistemin istehlakçıların keyfiyyətli elektrik enerjisi ilə etibarlı təchizatını və uyğun təsərrüfat subyektlərinin (müəssisələrin) effektli fəaliyyətini təmin edən iş rejiminin hazırlanması
Əsas enerji avadanlıqlarında təmir işləri Texniki xidmət Təmir: - Cari - Orta - Əsaslı - Plandankənar (məcburi, qəza, təxirəsalınmaz) Konservasiya	 4 günə qədər 4-15 gün 20-30 gün 40-90 gün Zədənin xarakterindən asılı olaraq İşlək, bir qayda olaraq, səmərəsiz avadanlığın uzun müddətli dayandırılması. Konservasiya edilmiş aqreqatın buraxılma vaxtı bir neçə sutka təşkil edə bilər.

1	2
Generasiya gücünün ehtiyatı İstismar güc ehtiyatı Soyuq güc ehtiyatı Fırlanan (qoşulmuş) güc ehtiyatı İsti güc ehtiyatı Buraxılmayan güc ehtiyatı	Müəyyən müddətdə reallaşdırıla bilən əlavə generasiya gücü Verilən vaxt anında işçi gücünün və yükün fərqi Lazım olduqda onlarla dəqiqə – saat ərzində realizasiya edilə bilən, şəbəkəyə qoşulmamış aqreqatın işçi gücü İşləyən aqreqatın ehtiyat gücü Bir neçə dəqiqə ərzində istifadə edilə bilən ehtiyat güc Elektrik şəbəkəsinin buraxma qabiliyyəti ilə məhdudlaşdırılan güc ehtiyatı
Güc (elektrik enerjisinin) balansı	Texnoloji (və ya iqtisadi) obyekt üçün generasiya edilən və alınan (bir tərəfdən) və istehlak olunan və verilən (digər tərəfdən) gücün (elektrik enerjisinin) bərabərliyi
Operativ tabeçilik formaları	Dispetçerin idarəsində (bütün əməliyyatlar bilavasitə dispetçerin tapşırığı ilə həyata keçirilir Dispetçerin sərəncamında (əməliyyatlar dispetçerin razılışı ilə aparılır
Operativ-texnioloji (dispetçer) idarəçilik	Yuxarı rəhbər heyətin göstərişləri ilə enerji istehsalı texnoloji prosesinin idarə edilməsi

1	2
Qərarlaşmış rejimlərdə en kəsikdə güc axını	
Normal güc axını	Uzun müddətli yol verilən güc axını
Məcburi (istismarda) güc axını	Hidroresursların azalmasının, istehlakçılarda məhdudiyyətlərin və s. aradan qaldırılması üçün məhdud vaxt ərzində yükün artırılması
Buraxıla bilən – qəza güc axını	Yükün qısa müddətli artırılması
Qəza güc axını	Qısa müddətli buraxıla bilməyən güc axını
Qəzadan sonrakı güc axını	Zədələnmələr açıldıqdan sonra güc axını
Ağırlaşdırılmış (layihələndirmədə) güc axını	Maksimum və minimum yüklənmə rejimlərində elektrik stansiyaları avadanlıqları təmirinin əlverişsiz uyğunlaşması nəticəsində yükün artması (il üzrə ümumi davamiyyəti 10 % -dən çox olmayaraq)
Rejimlərin planlaşdırılması	
Uzun müddətli planlaşdırma	Aylıq, rüblük, illik planlaşdırma
Qısa müddətli planlaşdırma	Sutkalıq, həftəlik planlaşdırma
Texnoloji idarə	Enerji istehsalının texnoloji prosesinin idarə edilməsi
Texnoloji məlumat	Elektrik şəbəkəsi sxemi və onun rejim parametrləri haqqında məlumat
Vahid enerji sistemi (VES)	Rejimin ümummilli və vahid mərkəzləşmiş dispetçer idarəetməsi ilə əlaqələnmiş, bir neçə paralel işləyən BES-lər
Yükburaxma qabiliyyəti ehtiyatı	Konkret rejimdə müəyyən EVX-lər üzrə müəyyən en kəsikdə ötürülə bilən əlavə aktiv gücün qiyməti

QƏBUL OLUNMUŞ QISALDILMIŞ SÖZLƏRİN SİYAHISI

ADİS - avtomatlaşdırılmış dispetçer idarə sistemi
AİEQ - açarların imtinasının ehtiyat qurğusu
ARAL - asinxron rejimin ləğvi avtomatiksı
ATQ - avtomatik təkrar qoşulma
ATS - avtomatik telefon stansiyası
BATQ - birfazalı ATQ
BDİ - birləşmiş dispetçer idarəsi
BES - birləşmiş enerji sistemi
BQ - balanslaşdırıcı qovşaq
DD - dinamik dayanıqlığın pozulması
DM - dispetçer mərkəzi
DMTHTD - dispetçer məntəqəsinin texnoloji heyətinin telefon danışıqları
DPDA - dayanıqlığın pozulmasının dayandırılması avtomatikası
DPLA - dayanıqlığın pozulmasının ləğvi avtomatikası
DTDŞ - dispetçer telefon danışıqları şəbəkəsi
EES - elektroenergetika sistemi
EHÇ - elektrohidravlik çevirici
EHM - elektron hesablama maşını
EHQ - elektrik hərəkət qüvvəsi
EKF - eninə kompensasiyanın forsirovkası
EÖX - elektrik ötürmə xətləri
ESANUS - elektrik sərfinin avtomatlaşdırılmış nəzarət və uçot sistemi (enerji sərfinin idarə edilməsi)
EŞM - elektrik şəbəkələri müəssisəsi
EVX - elektrik verilişi hava xətti
ƏQA - əks-qəza avtomatikası

ƏQASTV - ƏQA siqnallarını tez ötürmə vasitələri
FTAT - fırlanma tezlyinin avtomatik tənzimlənməsi (generatorların)
GA - generatorun açılması
GAİO - generatorun açılmasını fiksəedən işə buraxma orqanı
GM - gərginliyin məhdudlaşdırılması (buxar turbininin)
GQMA - gərginliyin qalxmasının məhdudlaşdırıcı avtomaikası
GTAT - mübadilə gücünün və tezliyin avtomatik tənzimlənməsi
GTQ - generatorun tezliyin düşməsindən qoşulması
HAES - hidroakkumulyasiyaedici elektrik stansiyası
İEM - istilik elektrik mərkəzi
İES - istilik elektrik stansiyası
İNK - idarəedən hesablama kompleksi
İT - idarəçilik təsirləri
İTDA - idarəçilk təsirlərinin dozalaşdırılması avtomatikasının icarəedici hissəsi
İTDAİ$_e$H - ƏQA idarəçilik təsirlərinin dozaladırılması avtomatikası
İTYA - ƏQ idarəçilik təsirlərinin yadda saxlanılması avtomatikası
KATQ - kombinə edilmiş ATQ
KES - kondensasiyalı elektrik stansiyası
MDX - enerjisistemin mərkəzi dispetçer xidməti
MÖS - məlumat-ölçü sistemi
MQÖSt - mərkəzi qəbul-ötürmə stansiyası
MQÖS - məlumatın qəbulu\ötürülməsi sistemi
MYÖQ - məlumatın yığılma və ötürülmə qurğusu
MYÖS - məlumatın yığılma və ötürülmə sistemi
n.v. - nisbi vahid
OMİK - operativ-məlumat idarə kompleksi

ÖT	- ötürücü
OTMÖŞ	- operativ-texnoloji məlumatın ötürülmə şəbəkəsi
PEHM	- personal elektron hesablama maşını
PQ	- paylayıcı qurğu
QE	- qəbuledici
q.q.	- qısa qapanma
RM	- rele mühafizəsi
RMA	- rele mühafizəsi və avtomatika
RT	- rejim trenajorları
SCÖ	- sabit cərəyan ötürülməsi
SD	- statik dayanıqlığın pozulması
SES	- su elektrik stansiyası
SG-G	- sinxron kompensator rejimindən generator rejiminə keçid
SGNÖO	- stansiyanın cəmi gücünün ölçü orqanı
SK	- sinxron kompensator
TA	- transformatorun açılması
TAT	- təsirlənmənin avtomatik tənzimlənməsi
TATTQD	- təsirlənmənin avtomatik tənzimləyicilərinin təshihi qiymətləndirilməsinin dəyişməsi
TATQ	- tezlik ATQ-si
TF	- təsirlənmənin forsirovkası
TGTA	- transformatorun gərginliyinin tənzimlənməsi avtomatikası
Tİ	- teleidarə
TİB	- buxar turbinindən qısa müddətli (impuls) yüçıxarması
TİM	- turbinin idarə mexanizmi
TMQ	- telemexanika qurğusu
TMŞ	- teleməlumat şəbəkəsi
TÖ	- teleölçü
TQMA	- tezliyin qalxmasının məhdudlaşdırıcı avtomaikası

TS	- telesiqnal
TT	- teletənzimləmə
TTY	- tez təsirli yükün qaldırılması
TUY	- buxar turbinindən uzun müddətli yükçıxarılması
TYA	- tezlikdən yükaçma avtomatikası
ÜATQ	- üçfazalı ATQ
YA	- yükün açılması
YAT	- yük altında tənzimlənmə (transformatorların)
YAXA	- yük açılmasının xüsusi avtomatikası
YÖO	- yükün ölçü orqanı
YS	- yarımstansiya
YSİO	- yarımstansiyaların açılmasını fiksəedən işəburaxma orqanı
XA	- xəttin açılması
XAİO	- xəttin açılmasını fiksəedən işə buraxma orqanı
XGNO	- xətlərin gücünün nəzarət ölçü orqanları

Ədəbiyyat

1. Развитие энергетики в Аазербайджане. Баку, Азернешр, 1980.
2. 80 лет развития энергетики. От плана ГОЭЛРО к реструктризации РАО ЕЭС России. Под общей редакцией А.Б. Чубайса. Информэнерго, 2000г.
3. Баринов В.А., Маневич А.С. Вопросы совершенствования структуры управления электроэнергетики России. – Электричество 1998 г. № 6 с. 2-11.
4. Волков Э.П., Баринов В.А. Управление развитием и функционированием электроэнергетики в современных условиях. Вести в электроэнергетике. 2002г. № 1 с. 3-7.
5. Юсифов Н.А. Гасанов Г.Б. Реструктуризация и приватизация в электроэнергетике Азербайджанской Республике. ВІСНИК нционального университета «Львівска політехніка» **ЛОГІСТИКА,** 2003, № 472. – С 538 – 544.
6. Бык Ф.Л., Китушин В.Г., Падерин А.А. Рыночные структуры организации электроэнергетики. Изв. АН Энергетика 1999 № 2 с. 90-96.
7. Impact of different regulation structures on generation and transmission planning C.Ray, L. Salvaderi, V. Barinov, et al on behalf of Working Group 3720 CIGRE – 98.
8. The Changing Structure of the Electric Power Industry An Update – EIA Energy Information Administration – USA. 1996.
9. Семенов В.А. Тяжелые системные аварии в Зарубежных энергообъединениях. Вести в электроэнергетике. 2002г. № 1 с. 54.

10. Kvennas O, Gjengedal T. Premises for a well – functioning deregulated power. Market // CIGRE – 2000. Report 37/38/39-204/
11. Human Leonard S. Transmission, Congestion, pricing and incentives // IEEE Power Engineering Review. August 1999.
12. William Sweet. Restructuring the thin stretched grid // IEEE Spectrum, June 2002.
13. Воропай Н.И., Труфанов В.В., Селифанов В.В., Шевелева Г.И. К анализу эффективности Единой электроэнергетической системы России. Электричество 2000 № 5 с. 2-9.
14. Джангиров В.А., Баринов В.А., Маневич А.С. Принципы совместной работы различных собственников энергетических объектов. – Москва 1994 г.
15. The benefits of integration in the European electricity system. – Work. Doc. № 9. Energy for a new century the European perspective. – Drussels, May 3-4 1990.
16. As “Hydro Canada” merger idea mooted at Int. Water Power and Dam Cousts., 1997. voll 49, № 7.
17. US interconnection on the agenda. – Modern Power System. 1997. voll 17, № 7.
18. Persos H. International interconnections towards the year 2000. – Electra, 1998, № 7.
19. Окин А.А., Портной М.Г., Тимченко В.Ф. Об обеспечении надежности паралелльной работы Евро – Азиатского объединения энергосистем. Электричество 1998, № 2 с. 2 – 14.
20. Беляев Л.С. Воропай Н.И. Кощеев Л.А. Перспективы развития межгосударственных энергообъединений на Евразийском Суперконтиненте. Изв. АН Энергетика 2000 № 2 с. 27-35.

21. Джангиров В.А., Баринов В.А. Перспектива Евразийского суперэнергообъединения. – Электричество 2000 № 7 с. 16 – 23.
22. Джангиров В.А. Электроэнергетика Государств Содружества: состояние и перспективы развития. "Энергетика" 2002 № 7 с. 2-4.
23. Гусейнов А.М., Юсифов Н.А. Состояние и проблемы развития электроэнергетики Азербайджанской Республики. "Электрические станции" 2002 № 9 с. 71 – 75.
24. Пирвердиев Э.С., Юсифов Н.А., Гусейнов А.М. Пути повышения эффективности электроэнергетики Азербайджанской Республики. Fist International on Technical and Physical Problems in Power Engineering 23-25. April 2002. Baku. Azerbaijan P 1 – 4.
25. Совалов С.А. Режимы единой эргосистемы. М.: Энергоатомиздат, 1983
26. Автоматизация управления энергообъединениеми. / В.В. Гончуков, В.М. Горнштейн, Л.А. Крум и др.; Под редакции С.А. Совалова.М.: Энергия, 1979
27. Малкин И.Г. Теория усточивости. М.: Наука,1966.
28. Жданов П.С. Вопросы устойчивости электрических.. М.: Энергия, 1979
29. Пособие для изучения правила технической экплуатации станций и сетей (оперативно-диспетчерское управление). М.:Издательство НЦ ЭНАС. 2001
30. Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем. Изд. "Мир". – М. 1973 г. с. 344.
31. Касти Дж. Большие системы. Связность, сложность, катастрофы. – М.: "Мир". – 1982г. с. 216.

32. Денисов А.А., Комеников Д.Н. Теория больших систем.–Л.: Энергоиздат. 1982 г. с. 288.
33. Николаев В.И., Брун В.М. Систематехника: методы и приложения. – Л. Машиностроение. Ленингр. отделение 1985 г. с. 199.
34. Дружинин В.В., Конторов Д.С. Систематехника. – М.: Радио и Связь. 1985 г. с.200.
35. Цвиркун А.Д. Структура сложных систем. – М.: Сов. Радио 1975 г.с. 200.
36. Волкова В.Н., Воронов В.А., Денисов А.А и др. Теория систем и методы системного анализа в управлении и связи. - М.: Радио и Связь. с. 248.
37. Мелентьев Л.А. Системные исследования в энергетике. – М.: Наука 1983г.
38. Бушуев В.В. Динамические свойства электроэнергетических систем. – М.: Энергоатомиздат. 1987 г. с. 120.
39. Гусейнов А.М. «Методические основы упращения математических моделей электрических систем при управлении элкетромеханическими переходными процессами»: Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Баку – 1989г.
40. N.A. Yusifov. Enerjisistemin inkişafı şəraitində rejimlərin idarəolunmasına sistemli ynaşma."İnformasiyalaşdırma, Kibernetika və informsiya texnologiyalarının müasir problemləri". Respublika elmi konfransının ƏSƏRLƏRİ. 1 CİLD, s.181-183., Bakı, 28 - 30 aprel 2003 il.
41. Светников В.И., Юрков В.В. Анализ каскадных аварий в дефицитных электроэнергетических системах. Методы и модели иследования живучести систем энергетики. Новосибирс. Наука. – 1990 г. с. 285.

42. Руденко Ю.Н., Ушаков И.А. Надежность систем энергетики. Новосибирс. Наука. – 1989 г.
43. Китушин В.Г. Методический подход и оценка устойчивоспособности и живучести крупного энергобоъединения. Там же с. 16-21.
44. Авраменко В.Н. Об анализе живучести энергосистем // Вопросы надежности при эксплуатации и управлением развития энергосистем. Сб. научн. трудов НИИПТ. Л.: Энергоатомиздат. 1986 г. с. 59-60.
45. Воропай Н.И. О нормативах живучести электроэнергетических систем // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. Новосибирск. Наука 1986 г. Втн. 31. с. 59-64.
46. Горский Ю.М. Системно – информационный анализ процессов управления. – Новосивирск. Наука. Сиб. отделение.- 1988.-327с.
47. Юсифов Н.А. Автоматизированная система оперативно-технологического управления как распределенная иерархическая система Проблемы энергетики, Баку, Изд.АН, 2003, № 4. - с.8 - 16.
48. Yusifov N.A. Avtomatlaşdırılmış Dispetçer idarəetmə sistemlərinin yeni platforması. Energetikanın problemləri. №1.2000 Bakı. S. 45-4
49. Маркушевич М. С. Автоматизированые системы диспетчерского управления / Из опыта Латвийский энергосистемы. – М .:Энергоиздат, 1986.
50. Автоматизация управления энергообъединениями /В.В. Гончуков, В.М. Горнштейн, Л.А. Крумм и др. Под ред. С.А. Совалова. М.: Энергия. 1979.

51. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетики. – М.: Иностр. Лит., 1963,- 829с.
52. Məlumat materialları. “Telemexanikanın müasir vəsaitləri, iş yerləri və idarə lövhələrinin təşkili” dördüncü xüsusiləşdirilmiş elmi-texniki seminar sərgi. Moskva. 17 – 21 mart 2003-cü il.
53. 1993-cü ilin regional proqramı, TASİS – enerji sektoru. LAYİHƏ № EREG 9302.
54. Enerqu Management Sustems SYSECA və dispetçer idarə sistemləri. Hesabat-1997-ci il.
55. Веников В.А.,Переходные электромеханические процессы электрических системах. М… В темат. школа. 1985. с. 536.
56. Горев. А.А. Переходные процессы в синхронных машинах. М-Л.: 1950г.
57. Жданов. П.С. Вопросы устойчивости элкетрических систем. М.: 1979г. 456с.
58. Маркович И.М. Режимы электрических систем М.:Энергия 1969г. 352с.
59. Малкин Г.И. Теория устойчивости движения. – М.: Наука, 1960г. 530с.
60. Ляпунов А.М. Общее движение по устойчивости движения. – Москва. Одесса. Гостехиздат. 1960 г. 77с.
61. Младов А.Г. Системы дифференциальных уравнений и устойчивость движения по Ляпунову. Изд. «Высшая школа». 1966.С. 222.
62. Веников В.А. Литкенс И.В. Математические основы теории автоматического управления режимами электросистем. М.: Высшая школа 1964 г. 201с.
63. Костюк О.М. Элементы теории устойчивости энергосистем. – Киев.: Наука Думка. 1983. 296с.

64. Тарасов В.И. Теоретические основы анализа установившихся режимов электроэнергетических систем. Новосибирск. Наука. РАН. 2002. с .344
65. Тарасов В.И. Методы минимизации Ньютоновского шина для расчета установившихся режимов электроэнергетических систем. Новосибирск. Наука . 2001. 168с.
66. Веников В.А., Строев В.А., Идельчик В.И., Тарасов В.И. Оценка статической устойчивости электроэнергетики систем и основа решения уравнений установившегося режима.//. Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт. 1971г. №5 с 18-23.
67. Абраменкова Н.А. Формирование сложного ?? математического описание сложной ЭЭС для исследования статической устойчивости на основе оценки ее главных свойств // там же.
68. Мгуен Динь Хао. Определение слабых по надежности элементов в сложных системах электроснабжения // режимная управляемость систем энергетики. Кошеев Л.А., Руденко Ю.Н., Ставровский Е.Р. и др. Новосибирск. Наука, 1988. с.234.
69. Гусейнов Ф.Г. Упрощение расчетных схем электрических систем. М. Энергия. 1978. с.184.
70. Воропай Н.И. Упрощение математических моделей динамики электроэнергетических систем. Новосибирск. Наука. Сиб.отделение. 1981. с. 110.
71. Воропай Н.И., Скобенко В.П. Применение метода функции Ляпунова в исследовании динамической устойчивости электроэнергетических систем (обзор литературы). Иркутск. СЭИ. 1975. с. 168 (ВИНИТИ № 2540-75 деп).

72. Чебан.В.М., Ландман А.К., Фишов А.Г. Управление режимами электроэнергетических систем в аварийных ситуациях. Учебное пособие для энергетических ВУЗов./М.: Высшая школа. 1990г. 144 Энергоатомиздат., 1990 – 390.с.
73. Sharaf T.A. Berg G.J. Reliability optimization for transmission expansion planning “ IEEE Trans. Power Appar. And Syst.” 1982. /0/ №7 2243-2248.
74. Allentuck S. Reliability requirements and failure rates: Barriers to reality of potential economies of advanced electric power equipment. Reliability of Elec. And Electron Components and Syst. Eur. Conf. Electrotechnic. EUROCON Copenhagen 1982. 768-771.
75. Андреюк В.А. Марченко Е.А. Математический алгоритм расчета надежности работы энергообъединения по условиям устойчивости при аварийных небалансах мощности. Труды НИИПТ. 1977. №24-25 с 11-19.
76. Андреюк В.А. и др. Методика расчета надежности работы энергообъединения по условиям устойчивости при аварийных небалансах мощности. Труды НИИПТ. 1974. № 24-25. с 9-11.
77. Кац П.Я., Садовский Ю.Д. Опыт проведения инженерских расчетов надежности сложных энергосистем. Труды НИИПТ. 1977. № 24-25. с. 40 - 49.
78. Бухгольц Н.Н. Основной курс теоретической механики, ч.II Динамика систем материальных точек. М.: Наука 1966 г.
79. Яблонский А.А., Норейко С.С. Курс теории колебаний. Учебное пособие для студентов вузов. М.: Высшая школа. 1975г. 248 с.

80. Андропов А.А. Витт А.А. Хайкин С.Э. Теория колебаний. Физматиздат. 1958 г.
81. Стрелков С.П. Введение в теорию колебаний. ГИТТЛ. 1952 г.
82. Лукашев Э.С. Введение в теорию электрических систем. – Новосибирск. Наука. 1981 г.
83. Юсифов Н.А. Экспресс-метод оценки устойчивости энергосистемы. Проблемы энергетики, Баку, Изд.АН, 2003, № 5. - с.1 - 9.
84. Юсифов Н.А. Оценка режимной надежности энергосистемы в условиях ввода 400 МВТ ПГУ на ГРЭС «Шимал». Проблемы энергетики, Баку, Изд.АН, 2003, №1. - с.9 - 19.
85. Юсифов Н.А. Анализ причин и характер развития аварии в Азербайджанской энергосистеме. «Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Электроэнергетика». Минск, Изд.БНТУ, 2003, № 3. - с.42 - 48.
86. Гусейнов Ф.Г. Некоторые вопросы энергетических систем и их режимов. Баку, Азернешр, 1963.
87. Рамазанов К.Н., Гусейнов А.М. Потенциал энергосбережения в сфере электропотребления населением. Проблемы энергетики. 2000, № 2. с.18 – 19.
88. Гуревич Ю.Е., Либова Л.Е., Окин А.А. Расчеты устойчивости и противоаварийной автоматики в энергосистеме.– М.: Энергоатомиздат., 1990-390 с.
89. Горбунова А.М., Поршной М.Г., Рабинович Р.С. и др. Экспериментальные исследования режимов энергосистем. –М.: Энергоатомиздат.1985 г. 448 с.
90. **Гусейнов А.М., Юсифов Н.А.** Экономические принципы оперативного управления

электроэнергетической системы. Проблемы энергетики, Баку, Изд.АН, 2000, №2. - с.20 - 26.

91. Юсифов Н.А. Основные направления и принципы совешенствования системы противоаварийного управления в условиях развития энергосистемы ыценка режимной надежности энергосистемы. Проблемы энергетики, Баку, Изд.НАН, 2000, №3-4. - с.14 - 21.

ƏLAVƏLƏR

Əlavə 1

İyerarxik operativ texnoloji idarəçilik sisteminin tamlıq göstəricilərinin hesabatı (səviyyələrin sayı – 2, aşağı səviyyədəki elementlərin sayı - 5)

Mənası: $C = log{*}5 = 2{,}83\ bit^2$

Sxem 1:

$C_c = C_0 = 4\ log2 = 4\ bit^2 \qquad C_{в3} = 0$

Faydalı iş əmsalı: $\gamma = \frac{C}{Cc} = \frac{2{,}33}{4} = 0{,}583$

İstifadə əmsalı: $\beta = C_c / C_0 = 4/4 = 1$

Tamlıq dərəcəsi: $\alpha = -C_{b3} / C_0 = 0$

Sxem 2:

Sistemin tərkibi: $C_c = (-0{,}4log0{,}4 - 0{,}2log0{,}2 - 0{,}4log0{,}4) + 2log3 + log1 = 3{,}524\ bit^2$

Xüsusi tərkib: $C_0 = 3log3 + log2 = 4\ bit^2$

Qarşılıqlı tərkib: $C_{в3} = C_c - C_0 = 4 - 3{,}524 = -0{,}476\ bit^2$

Faydalı iş əmsalı: $\eta = \frac{C}{Cc} = \frac{2,33}{3,524} = 0,661$

İstifadə əmsalı: $\beta = {C_c}/{C_0} = {3,524}/{4} = 0,881$

Bütövlük dərəcəsi: $\alpha = -{C_{b3}}/{C_0} = 0,119$

Sxem 3:

Sistemin tərkibi: C_c = (- 0,4*log*0,4 – 0,6*log*0,6 – 0,4*log*0,4) + *log*2 + *log*3 = 3,547 *bit* [2]

Məxsusi tərkib: C_0 = 2*log*2 + *log*3 = 3,6 *bit* [2]

Qarşılıqlı tərkib: $C_{в3} = C_c - C_0$ = 3,547 – 3,6 = - 0,053 *bit* [2]

Faydalı iş əmsalı: $\gamma = \frac{C}{Cc} = \frac{2,33}{3,547} = 0,657$

İstifadə əmsalı: $\beta = {C_c}/{C_0} = {3,547}/{3,6} = 0,985$

Bütövlük əmsalı: $\alpha = -{C_{b3}}/{C_0} = 0,015$

---

* İkili loqarifm

Əlavə 2

İyerarxik operativ texnoloji idarəçilik sisteminin tamlıq göstəricilərinin hesabatı (səviyyələrin sayı – 2, aşağı səviyyədəki elementlərin sayı - 8)

Mənası: $C = log^*8 = 3$

Sxem 1:

$C_c = C_0 = 7\ log2 = 7\ bit^2$

Faydalı iş əmsalı: $\gamma = \dfrac{C}{Cc} = \dfrac{3}{7} = 0{,}429$

İstifadə əmsalı: $\beta = {C_c}/{C_0} = 7/7 = 1$

Bütövlük dərəcəsi: $\alpha = -{C_{b3}}/{C_c} = 0$

Sxem2:

Sistemin tərkibi:

$C_c =$ (-0,375log0,375 – 0,25log0,25 –0,375log0,375) + 2log3 + log2 = 5,75 bit^2

Xüsusi tərkib: $C_0 = 3log3 + log2 = 5{,}8\ bit^2$

Qarşılıqlı tərkib: $C_{в3} = C_c - C_0 = 5{,}75 - 5{,}8 = -0{,}05\ bit^2$

Faydalı iş əmsalı: $\gamma = \dfrac{C}{Cc} = \dfrac{3}{5{,}75} = 0{,}52$

İstifadə əmsalı: $\beta = C_c / C_0 = 5{,}75 / 5{,}8 = 0{,}99$

Tamlıq dərəcəsi: $\alpha = -C_{b3} / C_0 = 0{,}05 / 5{,}8 = 0{,}01$

Sxem 3:

Sistemin tərkibi:

C_c = (- 0,25*log*0,25 – 0,75*log*0,75) + *log*2 + *log*6 = 4,4 *bit*[2]

Xüsusi tərkib: C0 = 2log2 + log6 = 4,6 bit 2

Qarşılıqlı tərkib: $C_{в3} = C_c - C_0$ = 4,4 – 4,6 = - 0,2

Faydalı iş əmsalı: $\gamma = \frac{C}{Cc} = \frac{3}{4{,}4} = 0{,}68$

İstifadə əmsalı: $\beta = C_c / C_0 = 4{,}4 / 4{,}6 = 0{,}96$

Tamlıq dərəcəsi: $\alpha = -C_{b3} / C_0 = 0{,}02 / 4{,}6 = 0{,}043$

* İkili loqarifm

Əlavə 3

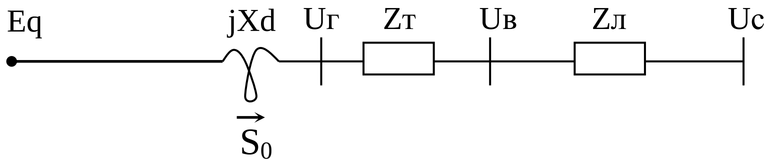
Bir müstəqillik dərəcəli sistemdə güc və potensial enerji xarakteristikalarının hesabatı

Sistem: Az DRES-in 4 bloku 330 kV-luq elektrik şəbəkəsindən, dəyişməz gərginlik şinləri kimi qəbul edilən Abşeron qovşağına işləyir,.

$S_{ном\ г}$ = 353 MBA, cosφ = 0,85, X_d = 1,698 o.e. Blok transformatorları 330/220 кB, e_k = 11%, $r_т$ = 0, 006 o.e., $X_т$ = 0,334 o.e.

Başlanğıc yük S_0 = 1000 + j250 (MBA) qəbul edilir.

Şəkildə $S_{баз}$ = 1000 MBA, $U_{баз}$ = 330 кB olduqda elektrik şəbəkəsini ekvivalent müqavimətlə qapayan sistemin əvəz edilməsinin hesabat sxemi verilmişdir.



Şəkil. Əvəzetmənin başlanğıc hesabat sxemi.

Tarazlıq vəziyyəti rejimi aşağıda verilənlərlə xarakterizə edilir (o.e.): S_0 = 1.0 + j0,25 X_d = j1,323

$U_г$ = 1,0 $Z_т$ = 0,002 + j0,084

U_c = 0,975 $Z_л$ = 0,022 + j0,279

E_q = 1,877 Z_Σ = 0,024 + j1,686

$$\delta_{E_qU_c} = 67^0$$

P_m =1,086 , $K_з$ = 8,6%

Cədvəldə gücün və potensial enerji xarakteristikalarının hesabatı verilmişdir.

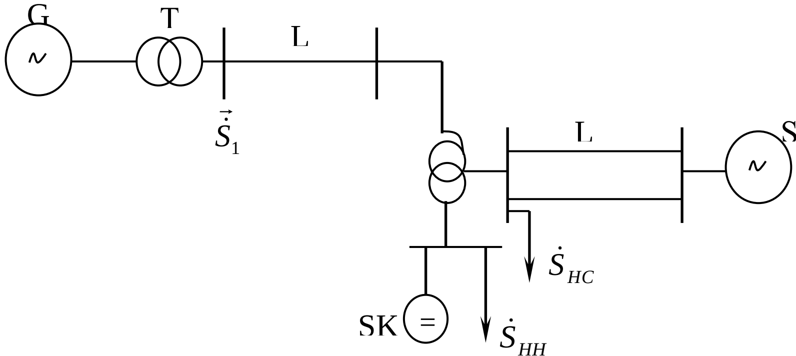
$P = 1.086 \sin\delta$

$П = -\Delta P_T\,\delta + P_m(1-\cos\delta)$

δ^0	sin δ	P	- δ	cos δ	1-cos δ	1,086(1 -cos δ)	П
0	0,000	0	-0,000	1	0	0	0
10	0,174	0,189	-0,175	0,985	0,015	0,0163	-0,159
20	0,342	0,371	-0,349	0,94	0,06	0,0652	-0,284
30	0,5	0,543	-0,524	0,866	0,134	0,146	-0,378
40	0,643	0,698	-0,698	0,766	0,234	0,254	-0,444
50	0,766	0,832	-0,873	0,643	0,357	0,387	0,485
60	0,866	0,940	-1,047	0,5	0,5	0,543	-0,504
67	**0,9205**	**1,000**	**-1,169**	**0,391**	**0,609**	**0,661**	**-0,508 (max)**
70	0,94	1,021	-1,221	0,342	0,658	0,715	-0,506
80	0,985	1,07	-1,396	0,174	0,826	0,897	-0,499
90	1,000	1,086	-1,571	0	1	1,086	-0,485
100	0,985	1,07	-1,745	-0,174	1,174	1,275	-0,470
110	0,94	1,021	-1,920	-0,342	1,342	1,457	-0,463
113	**0,9205**	**1,000**	**-1,972**	**-0,391**	**1,391**	**1,511**	**-0,461 (min)**
120	0,866	0,940	-2,094	-0,5	1,5	1,623	-0,465
130	0,766	0,832	-2,269	-0,643	1,643	1,784	-0,485
140	0,643	0,698	-2,440	-0,766	1,766	1,98	-0,522
150	0,5	0,543	-2,619	-0,866	1,866	2,026	-0,593
160	0,342	0,371	-2,790	-0,94	1,94	2,107	-0,683
170	0,174	0,189	-2,97	-0,985	1,985	2,156	-0,814
180	0,000	0	-3,14	-1	2,0	2,172	-0,968

Əlavə 4

Silvestr kriterilərinin köməyilə mürəkkəb sistemlərdə rejimin dayanıqlıq (tarazlıq vəziyyəti) şərtlərinin yoxlanması.*



Şəkil 1.6. Enerjisistemin sxemi.

G – hidrogeneratorlar 6хСВФ – 1500/130 – 88
T – transformatorlar 2хТДЦ – 400 000/500
SK– sinxron kompensatorlar 4хКСВ–100 000–11 (400 Мвар)
S – qəbuledici sistemin şinləri

Xətt: L_1 = 300 км U_H = 500 кV L_2 = 200 км U_H=220 кV

Yük: S'_{HC} = 450 + j 218 MBA S'_{HH} = 50 + j 24 MBA

Hidrogeneratorlarda əvvəldə L_1 gərginliyini sabit saxlayan APB $СД_{1\ г.}$ qoyulmuşdur. SK-da E'_2. keçid müqavimətilə ES EHQ-ni sabit saxlayan APB $ПД_1$ qoyulmuşdur. Başlanğıc rejim və sxemlərin verilənləri aşağıdakıardır:

P_{10} = 800MВт $\delta_{13} = 35{,}5^0$

* Misal bu kitabdan götürülüb: Elektrik sistemlərinin keçid proseslərinin şəkilli misalları. Ali məktəblər üçün tədris vəsaiti\ V.V.Ejov, N.İ.Zelenoxat, İ.V.Litkens və s.\.– M.: Znaniye 1996- s.224.

U_1 = 522кВ δ_{23} = 20^0

U_2 = 500кВ Z_{12} = 538,1Ом

α_{12} = - $7{,}1^0$

E'_2 = 683,3кВ Z_{13} = 389,5Ом α_{13} = $6{,}19^0$

U_3 = 471,2кВ

Sistemin iki ümumiləşdirilmiş koordinatları var: δ_{13} və δ_{23}

Silvestr kriterisi

C_{11} > 0

$$\begin{vmatrix} C_{11} & C_{12} \\ C_{21} & C_{22} \end{vmatrix} > 0$$

Burada (qarşılıqlı keçiriciliklərin aktiv mürəkkəbələri nəzərə alınmadıqda):

$$C_{11} = \frac{\partial^2 \Pi}{\partial \delta_1^2} = U_1 E_2^/ b_{12} \cos\delta_{12} + U_1 U_3 b_{13} \cos\delta_{13}$$

$$C_{22} = \frac{\partial^2 \Pi}{\partial \delta_2^2} = U_1 E_2^/ b_{12} \cos\delta_{12} + E_2^/ U_3 b_{23} \cos\delta_{23}$$

$$C_{12} = C_{21} = -U_1 E_2^/ b_{12} \cos\delta_{12}$$

Hesabat rejim parametrləri nəzərə alındıqda

$$C_{11} = 522 \cdot 683{,}3 \cdot 0{,}00186 \cos\left(35{,}5^0 - 20^0\right) +$$
$$522 \cdot 471{,}2 \cdot 0.00257 \cdot \cos 35{,}5^0 = 1154$$

$$C_{22} = 522 \cdot 683{,}3 \cdot 0{,}00186 \cos\left(35{,}5^0 - 20^0\right) +$$
$$683{,}3 \cdot 471{,}2 \cos 20^0 = 942$$

$$C_{12} = C_{21} = -522 \cdot 683{,}3 \cdot 0{,}00186 \cos\left(35{,}5^0 - 20^0\right) = -640$$

C_{11}=1154

$$\begin{vmatrix} 1154 & -640 \\ -640 & 942 \end{vmatrix} = 67{,}8 \cdot 10^4$$

Silvestr kriterisinə riayət olunur və rejim dayanıqlıdır.

Maksimum güc yarandığı δ_1 bucağı () düsturuna uyğun olaraq təyin edilir.

$$\delta_1 = \pi - arctg \frac{U_1 E_2^/ b_{12} \cos \delta_2 + U_1 U_3 b_{13} \cos \delta_3}{U_1 E_2^/ b_{12} \sin \delta_2 + U_1 U_3 b_{13} \sin \delta_3} =$$

$$= \pi - arctg \frac{522 \cdot 683{,}3 \cdot 0{,}00186 \cos 20^0 + 0}{522 \cdot 683{,}3 \cdot 0{,}00186 \sin 20^0 + 522 \cdot 471{,}2 \cdot 0{,}001 \cdot 1} =$$

$$= \pi - arctg 2{,}976 = 180^0 - 71{,}4^0 = 108{,}6^0$$

Maksimum rejiminə uyğun olan δ_2 bucağının qiymətini, SK-nın güc tənliyindən təyin edirik.

$$P_2 = \left(E_2^/\right)^2 y_{22} \sin \alpha_{22} + E_2^/ U_1 y_{21} \sin\left(\delta_2 - \delta_1\right) + E_{23}^/ U_3 y_{23} \sin \delta_2 = 0$$

$$69{,}76 + 667{,}8 \sin\left(\delta_2 - 108{,}6^0\right) + 317{,}4 \delta_2 = 0$$

δ_2–yə nəzərən həlldən bu ifadə alınır:

$$\delta_2 = 63{,}3^0$$

Beləliklə, gücün maksimumu belədir:

$$P_{1\max} = U_1^2 y_{11} \sin \alpha_{11} + U_1 E_2^/ y_{12} \sin\left(\delta_1 - \delta_2\right) + U_1 U_3 y_{13} \sin \delta_1$$

$$P_{1\max} = 258{,}8 + 667{,}8\sin\left(108{,}6^0 - 63{,}3^0\right) + 631{,}4\sin 63{,}3^0 = 1294 MB\text{т}$$

Başlanğıc rejimdə aktiv müqavimət nəzərə alınmadıqda

$$P_0 = 258{,}8 + 667{,}8\sin\left(35{,}5^0 - 20^0\right) + 631{,}4\sin 20^0 = 653 MB\text{т}$$

Başlanğıc rejimin ehtiyat əmsalı:

$$K_з = \frac{1294 - 653}{653}100\% = 98{,}2\%$$

Əlavə 5

Yükün nümunəvi statik xarakteristikaları
("Mustanq" proqramındakı tövsiyələr üzrə)

Variant 1.1. $P = 0{,}1 + 0{,}9U/U_H + 0(U/U_H)^2 + 1{,}2(f/f_H)$

$$Q = 5{,}2 - 9{,}5U/U_H + 5{,}3(U/U_H)^2 - 1{,}5(f/f_H)$$

Variant 1.2 . $P = 0{,}1 + 0{,}9U/U_H + 0(U/U_H)^2 + 1{,}2(f/f_H)$

$$Q = 6{,}5 - 12{,}9U/U_H + 7{,}4(U/U_H)^2 - 3{,}2(f/f_H)$$

Variant 1.3. $P = 0{,}1 + 0{,}9U/U_H + 0(U/U_H)^2 + 1{,}2(f/f_H)$

$$Q = 4{,}6 - 8{,}9U/U_H + 5{,}3(U/U_H)^2 - 1{,}5(f/f_H)$$

Variant 1.4. $P = 0{,}1 + 0{,}9U/U_H + 0(U/U_H)^2 + 1{,}2(f/f_H)$

$$Q = 5{,}7 - 12{,}4U/U_H + 7{,}7(U/U_H)^2 - 3{,}2(f/f_H)$$

Variant 2.1. $P = -0{,}4 + 1{,}4U/U_H + 0(U/U_H)^2 + 1{,}8(f/f_H)$

$$Q = 5{,}2 - 9{,}5U/U_H + 5{,}3(U/U_H)^2 - 1{,}5(f/f_H)$$

Variant 2.2. $P = -0{,}4 + 1{,}4U/U_H + 0(U/U_H)^2 + 1{,}8(f/f_H)$

$$Q = 6{,}5 - 12{,}9U/U_H + 7{,}4(U/U_H)^2 - 3{,}2(f/f_H)$$

Variant 2.3. $P = -0{,}4 + 1{,}4U/U_H + 0(U/U_H)^2 + 1{,}8(f/f_H)$

$$Q = 4{,}6 - 8{,}9U/U_H + 5{,}3(U/U_H)^2 - 1{,}5(f/f_H)$$

Variant 2.4. $P = -0{,}4 + 1{,}4U/U_H + 0(U/U_H)^2 + 1{,}8(f/f_H)$

$$Q = 5{,}7 - 12{,}4U/U_H + 7{,}7(U/U_H)^2 - 3{,}2(f/f_H)$$

Variant 3.1. $P = 0,4 + 0,6U/U_H + 0(U/U_H)^2 + 1,5(f/f_H)$

$$Q = 5,2 - 9,5U/U_H + 5,3(U/U_H)^2 - 1,5(f/f_H)$$

Variant 3.2. $P = 0,4 + 0,6U/U_H + 0(U/U_H)^2 + 1,5(f/f_H)$

$$Q = 6,5 - 12,9U/U_H + 7,4(U/U_H)^2 - 3,2(f/f_H)$$

Variant 3.3. $P = 0,4 + 0,6U/U_H + 0(U/U_H)^2 + 1,5(f/f_H)$

$$Q = 4,6 - 8,9U/U_H + 5,3(U/U_H)^2 - 1,5(f/f_H)$$

Variant 3.4. $P = 0,4 + 0,6U/U_H + 0(U/U_H)^2 + 1,5(f/f_H)$

$$Q = 5,7 - 12,4U/U_H + 7,7(U/U_H)^2 - 3,2(f/f_H)$$

Variant 4.1. $P = 0,1 + 0,9U/U_H + 0(U/U_H)^2 + 2,2(f/f_H)$

$$Q = 5,2 - 9,5U/U_H + 5,3(U/U_H)^2 - 1,5(f/f_H)$$

Variant 4.2. $P = 0,1 + 0,9U/U_H + 0(U/U_H)^2 + 2,2(f/f_H)$

$$Q = 6,5 - 12,9U/U_H + 7,4(U/U_H)^2 - 3,2(f/f_H)$$

Variant 4.3. $P = 0,1 + 0,9U/U_H + 0(U/U_H)^2 + 2,2(f/f_H)$

$$Q = 4,6 - 8,9U/U_H + 5,3(U/U_H)^2 - 1,5$$

Variant 4.4. $P = 0,1 + 0,9U/U_H + 0(U/U_H)^2 + 2,2(f/f_H)$

$$Q = 5,7 - 12,4U/U_H + 7,7(U/U_H)^2 - 3,2(f/f_H)$$

Variant 5.1. $P = -0,2 + 1,2U/U_H + 0(U/U_H)^2 + 0,7(f/f_H)$

$$Q = 5,2 - 9,5U/U_H + 5,3(U/U_H)^2 - 1,5(f/f_H)$$

Variant 5.2. $P = -0,2 + 1,2U/U_H + 0(U/U_H)^2 + 0,7(f/f_H)$

$$Q = 6{,}5 - 12{,}9U/U_H + 7{,}4(U/U_H)^2 - 3{,}2(f/f_H)$$

Variant 5.3. $P = -0{,}2 + 1{,}2U/U_H + 0(U/U_H)^2 + 0{,}7(f/f_H)$

$$Q = 4{,}6 - 8{,}9U/U_H + 5{,}3(U/U_H)^2 - 1{,}5(f/f_H)$$

Variant 5.4. $P = -0{,}2 + 1{,}2U/U_H + 0(U/U_H)^2 + 0{,}7(f/f_H)$

$$Q = 5{,}7 - 12{,}4U/U_H + 7{,}7(U/U_H)^2 - 3{,}2(f/f_H)$$

Variant 6.1. $P = -0{,}8 + 1{,}8U/U_H + 0(U/U_H)^2 + 1{,}0(f/f_H)$

$$Q = 5{,}2 - 9{,}5U/U_H + 5{,}3(U/U_H)^2 - 1{,}5(f/f_H)$$

Variant 6.2. $P = -0{,}8 + 1{,}8U/U_H + 0(U/U_H)^2 + 1{,}0(f/f_H)$

$$Q = 6{,}5 - 12{,}9U/U_H + 7{,}4(U/U_H)^2 - 3{,}2(f/f_H)$$

Variant 6.3. $P = -0{,}8 + 1{,}8U/U_H + 0(U/U_H)^2 + 1{,}0(f/f_H)$

$$Q = 4{,}6 - 8{,}9U/U_H + 5{,}3(U/U_H)^2 - 1{,}5(f/f_H)$$

Variant 6.4. $P = -0{,}8 + 1{,}8U/U_H + 0(U/U_H)^2 + 1{,}0(f/f_H)$

$$Q = 5{,}7 - 12{,}4U/U_H + 7{,}7(U/U_H)^2 - 3{,}2(f/f_H)$$

Əlavə 6

Rejim və sxemlərin dayanıqlıq hədləri variantları
("Şərq" en kəsiyi)

Variant 1

MVт

Rejim sxemi	**500 кV HX 2 Abşeron**	**330 кV HX 1 Abşeron**	**220 кV HX 2 Mingəç.**	**220 кV HX 1 Mingəç.**	**En kəsik**
normal ilkin	693	325	137	175	1330
Həddi	757	344	141	180	1422
500 кV2 –ci Abşeron EVX –nin açılması	-	421	181	216	818
açıl. 330 кV HX 1Abşeron	876	-	176	212	1264
açıl. 220 кV HX 2 Mingəçevir	804	389	-	223	1416
Açıl. -220 кV HX 1 Mingəçevir	811	393	194	-	1398

Variant 2

MVт

Rejim sxemi	500 kV HX 2 Abşeron	330 kV HX 1 Abşeron	330kV HX 6 Mingəç.	220 kV HX 2 Mingəc.	220 kV HX 1 Mingəç.	Kəsim
Normal Başlanğıc	559	248	283	101	139	1330
həddi	592	269	300	112	149	1422
açılma 500 кV HX 2 Abşeron	-	401	387	184	222	1194
açılma 330 кV HX 1Abşeron	618	-	313	125	159	1215
açılma 220 кV HX 6 Mingəç.	720	328	-	134	171	1354
açılma 220 кV HX 2 Mingəç.	634	285	324	-	173	1416
açılma 220 кV HX 1 Mingəç.	648	293	332	143	-	1416

Variant 3

MVt

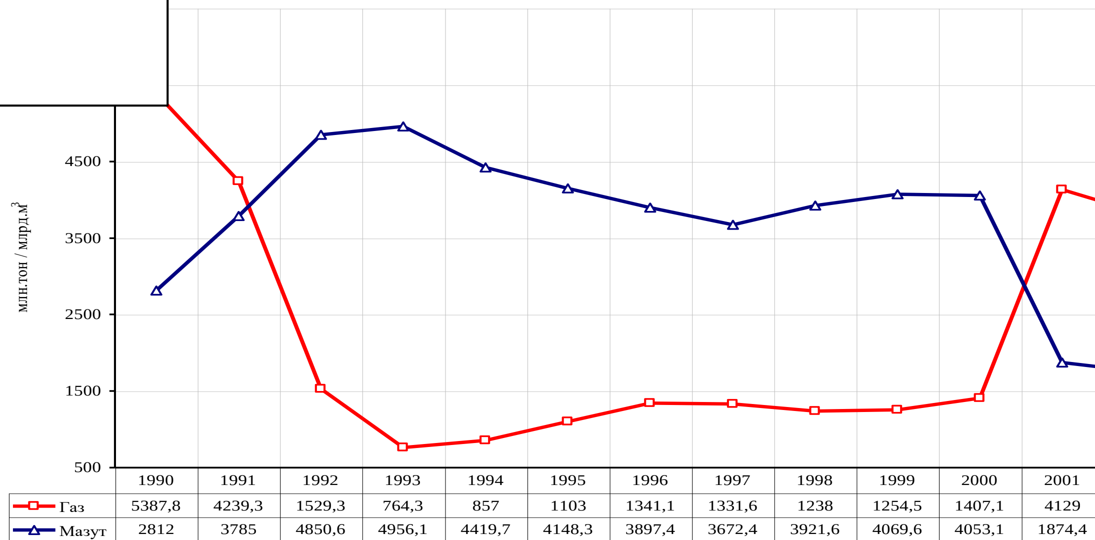
Rejim sxemi	500 kV HX 2 Abşeron	330 kV HX 1 Abşeron	330kV HX 6 Mingəç.	220 kV HX 2 Mingəc.	220 kV HX 1 Mingəç.	Kəsim
Normal Başlanğıc	635	291	352	91	169	1538
həddi	718	340	423	107	197	1783
açılma 500 кV HX 2 Abşeron	-	458	482	148	250	1338
açılma 330 кV HX 1Abşeron	777	-	418	119	209	1523
açılma 220 кV HX 6 Mingəç.	879	435	-	137	245	1696
açılma 220 кV HX 2 Mingəç.	759	364	443	-	216	1782
açılma 220 кV HX 1 Mingəç.	785	379	463	133	-	1760

Variant 4

MVt

Rejim sxemi	500 kV HX 2 Abşeron	330 kV HX 1 Abşeron	330kV HX 6 Mingəç.	220 kV HX 2 Mingəc.	220 kV HX 1 Mingəç.	Kəsim
Normal Başlanğıc	623	293	483	92	162	1653
həddi	725	357	554	111	192	1939
açılma 500 кV HX 2 Abşeron	-	466	620	142	239	1467

İНК



	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Газ	5387,8	4239,3	1529,3	764,3	857	1103	1341,1	1331,6	1238	1254,5	1407,1	4129
Мазут	2812	3785	4850,6	4956,1	4419,7	4148,3	3897,4	3672,4	3921,6	4069,6	4053,1	1874,4